تطور مناهج البحث في العلوم الاجتماعية

عبدالوهاب بوحديبة

اذ كانت العلوم الاجتماعية اخيرة البروز على الساحة المعرفية فانها حققت في الحقبات الثلاثة الاخيرة انتصارات باهرة جعلتها تتجدد بعمق وتفرض نفسها كطرف يقرأ له الحساب ضمن سائر العلوم الاخرى ويوليه اصحاب القرار أهمية بمكان وسنحاول في هذا الاستعراض السريع الوقوف عند أهم الاتجاهات الجديدة التي يتمحور حولها تطور العلوم الاجتماعية شرقا وغربا ونولي اهتماما خاصا بالمستجدات العربية . اما النقاط التي ينبغي إثارتها فانها عديدة متنوعة ولا يمكن ان نسلط بعض الاضواء الا على عدد محدود منها وهي :

١ ـ أهمية الدراسات الميدانية وتضخمها نوعا وعددا خاصة وان الادارة والمؤسسات أصبحت لا تكاد تتخذ قرارا في أي قضية وفي أي بلد ما بدون دراسات تمهد لسن السياسات وصيغ التدابير .

٢ ـ تغير بعض المفاهيم وتحويلها وتجديد النظريات العامة

٣ ـ تطوير المنهجيات الناجم عن تقانات البحث الجديدة مثل الحاسوب والاعلامية والتفنن في اتقان نظام تخزين المعطيات الاولية في بنوك مختصة .

٤ ـ المساءلات الملحة والمبسوطة على الساحة العلمية عند أهل الذكر نظرا لانفجار الدراسات والحام مجتمعات عديدة وميادين جديدة ضمن أسرة العلوم الاجتماعية .

٥ ـ مكانة البحث الاجتماعي وموقعه المهاجية على الساحة العربية إذ دخلت أمتنا هذا العلم من بابه العريض وهي تسعى الى ربط الماضي بالحاضر والمستقبل والى إحكام الصلة بين الداخل والخارج وتحقيق الشمول لتغطية مختلف النشاطات المجتمعية .

وقد يحسن بنا أن نوضح منذ البداية بعض القضايا حتى نزيل عنها ما قد تثيره من ملابسات ـ ولعل أولها تلك الاشكالية المتعلقة بتعدد المناهج المتوخاة في كل اختصاص وبتعدد الاختصاصات ذاتها وبتباين العلوم الاجتماعية من حيث القطاع ومن حيث الاهداف ومن حيث التعامل مع الواقع مما قد يثير الشك والحيرة في نفس الملاحظ . ومن المفيد جدًا أن نشير الى أن عديد الاختصاصات تكونت تاريخيا حول المناهج المتبعة فتعدد المناهج هو الذي أدّى الى تعدد الاختصاصات ـ لا العكس ـ فعلم العمران مثلا وعلم النفس الاجتماعي والانثربولوجيا الثقافية وعلم الاعراق انفصلت عن علم الاجتماع لما أصبح واضحا ان موضوعها يفرض تخصيصا في المنهاج المتبع واسلوبا ينفرد به فظلت قطاعات البحث تنفصل وتكون وحدات لها ذاتيتها وخصوصياتها ـ والمنهاجية المتوخاة ساهمت في اثبات تلك الوحدة وابراز « الاختصاص » ـ فالدراسات الاحصائية واستخدام الرياضيات لتحليل المعطيات العديدة واستنباط الاسقاطات الممكنة كل ذلك أعطى للابحاث السكانية طرافة ووحدة وفتح امامها أبوابا جديدة ـ فجرت هذه الدراسات ورامها أجزاء كبيرة من الميادين التي كانت تدرس تقليديا تحت لواء علم الاجتماع ضمن أبواب « الاشكال الاجتماعية » أو « الاحصاء الاجتماعي » . ونلاحظ في فرنسا مثلا أو في المانيا ان أطباء ومهندسين ورياضيين مثل الفردسوفي ذهبوا الى العلوم الاجتماعية وطوروها لا العكس ـ ولاحظ نفس الشيء بالنسبة للدراسات الانثربولوجية التي تكونت حول الوصف التحليلي الدقيق وما يفرضه على الباحث وجوب الاقامة في ميدان الغربة والاغتراب من توخي طرق تجعل الباحث يضمن لعمله مستوى أدنى من الدقة والموضوعية والعمق والطرافة في جميع أطواره من الملاحظة الى المراقبة الى جمع المعطيات وتحليلها واستنباط قواسمها المشتركة ثم الى ادراج كل ذلك في تصور شامل يعكس بصفة صادقة نزيهة نوعية المجتمع المدروس وخصوصيات بنيته وأصالتها . وبهذه الطريقة فتلك الاختصاصات تتطور ثم « تتدقق » و « تتسيخ » وتفتك شيئا فشيئا استقلالها العلمي .

ولا فائدة في تعديد الامثلة بل يكفينا ان نستنتج ان تشعب العلوم الاجتماعية وليد المناهجيات المتوخاة وهي بدورها وليدة تنوع الطلب للمعرفة الاجتماعية وان التطور الحاصل في هذا الميدان منذ قرن ـ والمتسارع في العقدين الاخيرين ـ أفرز للمناهجية دورا معرفيا فريدا في تكوين العلوم الاجتماعية وفي تصنيفها والنهوض بها . ذلك أن التفنن والتعمق في المناهجيات أعطى للعلوم الاجتماعية قدرة اكبر فأكبر على استيعاب المشاكل مهما تعقدت وعلى إبراز حقيقة الواقع الاجتماعي مهما تشعّب وضعه والتبس ـ فالمناهجية تظهر الباطن وتجلي ما كان ضمنيا في كنف طيّات الحياة العادية ـ فتربط بين اجزائها وتثبت الصلات بين مختلف الظواهر الاجتماعية وتبين العلاقات الكامنة وراءها . فعلاقة المناهج بالموضوع ليست كما يتصورها الكثيرون من هذا الى ذاك بل هي من المناهج الى الموضوع للذلك يؤكد كل من حاول أن يمنطق العلوم الاجتماعية وان يستقصي أسرارها « الابستمولوجية » أهمية الدور العملياتي للمناهجية المتوخاة وللفرضيات المضروبة في البداية وللتعريفات المتبعة ولمختلف أوجه التعامل مع الاشكالية . فالباحث قد ينطلق من الشكالية ما أو ميدان ما الا أن هذه الاشكالية وهذا الموضوع لا يصبحان ميدانا للبحث الا بعد ان تتوضح دقائق المناهجيات ذاتها وتضبط طرق البحث المستخدمة فلا غرابة اذن يكون تطور المناهجيات أمرا أساسيا في العلوم الاجتماعية إذ يرتبط ارتباطا متينا بنوعية القضايا . ونجاح العلوم الاجتماعية وتقدمها السريع يعود في نهاية الامر الى أن المناهجيات المتوخاة أصبحت اكثر دقة يوما بعد يوم وأكثر موضوعية بل أصبح الباحثون بدورهم أكثر سيطرة وبراعة في تحليل الامور والغوص فيها .

الملاحظة الثانية تتعلق بما تفرضه ضرورة الربط بين مختلف الاختصاصات نظرا لوحدة الموضوع المدروس ـ وواضح أن مختلف فروع العلوم الاجتماعية والانسانية لا تغطي بصفة كاملة شاملة جميع عناصر الاوضاع الانسانية ولا يمكن أن يختص كل منها بعنصر دون غيره ذلك أن العناصر تتداخل وتتشابك مما يؤدي الى اللجوء الى عدّة فروع من العلوم الاجتماعية لطرح قضية واحدة ما ولتحليلها ولتدارسها . وان كان للمناهجيات فضل تطوير تصنيف الاختصاصات واكسابها استقلاليتها النسبية فهذا لا يعني ان لكل علم اجتماعي منهاجية وان كل منهاجية لا تتعلق الا بعلم ما ـ فمن الخطأ اذن ان نتصور أن مختلف العلوم الاجتماعية ينفرد كل منها بمنهاجية معينة ـ ذلك أن ترابط المواضيع ووحدة المشاكل جعلت العلوم يتداخل بعضها ببعض الى حد أن بعض الدراسات و المناخة و تستغل اضواء متعددة مأخوذة من اختصاصات مختلفة منها الاجتماعي البحت ومنها غير الاجتماعي ، وبالتالي فان المناهجيات أصبحت ، وبخاصة في السنوات الاخيرة ، تتأثر في صلب العلوم الاجتماعية بما يجري في العلوم الاخرى سواء أكانت متعلقة بالطبيعة أو بالحياة . ولنا في ذلك أمثلة عديدة فالتحليل الاجتماعي يستخدم مفاهيم آتية رأسا من فيزياء المجالات المغنطيسية والميكانيك التموجية وأخرى من علم الوراثة وأخرى من علم الحياة إضافة الى ما ينصب فيه ومأتاه العام من الرياضيات والاحصائيات والاعلامية بسائر اتجاهاتها .

وينتج من ذلك أمور غيّرت مجرى العلوم الاجتماعية الى مدى بعيد وسيكون لها بلا شك الأثر العميق في السنوات القادمة ـ فبرزت على الساحة اختصاصات جديدة انبعثت في الحدود الفاصلة بين اختصاصين اصليين أو أكثر ، وان كان علم النفس الاجتماعي معروفا منذ زمان بعيد فان علم النفس الصناعي وعلم النفس الاجرامي وعلم النفس اللغوي وعلم النفس الجمالي وغيرها تكونت كفروع قائمة الذات لتجابه مشاكل حيوية كانت في مفترق اختصاصات متباينة . الا انه اتضح ان كل واحد منها لم يبق قادرا بمفرده على تحليل المواضيع المعقدة المبسوطة على ساحة الواقع اليومي ـ فأصبح من المسلّم به أن استخدام مناهج مختلفة في وقت واحد ضرورة لا مناص منها لاستيعاب المعرفة ولطرح عديد الاشكاليات وللتقدم نحو حلول مفيدة مما أدى بالباحثين الاجتماعيين الى الخروج من دائرة فلكهم الضيق ـ ولكنه واضح أيضا ان هذا الخروج ليس من العفويات الاعتباطية بل يظل بدوره مضبوطا في قواعده وفي حدوده وفي موضوعه وفي دقته مما يضمن له ايضا حدّا أدنى من العلمنة . وواضح كذلك أن هذا التوسع في المناهجيات يتغذى من تجارب فنون أخرى فيستفيد منها بمقدار وينهل لينصب الكل في تيار المعرفة الكونية الواسعة في العلوم الاجتماعية . لذلك أصبح تكوين الباحثين وتدريبهم يتطلب منذ البداية العناية بما يجري في العلوم المجاورة حتى يتفتحوا من ناحية الى آفاق أوسع ويتطلعوا الى استخدام طرق تحليل تفرضها نوعية الابحاث التطبيقية الجارية أو التي سيطالبون بالقيام بها . وعلاوة على كل ذلك فانه أصبح من المتأكد أن البحث الفردي لا يكفي لتغطية الحاجيات ولا لمجابهة المشاكل بل أصبح تجاوزه ضرورة يومية فالبحث المصيب يتم في مجموعات دراسية يتحاور ضمنها الرياضي والاجتماعي والطبيب والاعلامي . وخلاصة ذلك أن المناهجيات أصبحت معقدة لانها أصبحت مبنية على التحليل وعلى التأليف على حدّ سواء .

وبعبارة أوضح فان رقاص الساعة في تراجع فبعد أن سارت العلوم الاجتماعية في التباين الى حدّ أنها اصبحت مجموعة عويصة معقدة ثرية من اختصاصات واختصاصات فرعية واختصاصات داخل الاختصاصات الفرعية فانها

أخذت الآن تتجمع وتتآلف من جديد . الا أن ذلك لا يعني بالمرة أنها عادت الى ما كانت عليه بل ازدادت تعقدا وتعمقا وتلاحظ ان التباين الذي عاشته ولا تزال تعيشه أعطاها دفعا قويا أخرجها من العزلة التي كانت فيها ، فالمناهجيات بدورها في حاجة إذن الى تطوير منهاجي جدلي . وكلما ازدادت تعمقا في رقعة ضيقة ازدادت حاجتها الى التوسع الافقي قصد الاستناد الى معارف أخرى والى التعاون مع ما يستعمل في الفنون المجاورة . وهكذا فان التباين يتلوه التجميع ـ ولكن هذا التجميع يعيد الصلة العضوية لدراسة تطورت في الاثناء فيأتي لينسج من جديد بينها ويحيك الربط .

فالبنيوية والهيكلية في الدراسات الاجتماعية أدخلت عديد القواسم المشتركة بين فروع مختلفة . انطلقت المناهجية من اللسانية ثم تسربت الى الانثربولوجيا فالى علوم النفس والاجتماعي والاقتصاد والتاريخ ثم اقحمت ضمنها فروعا كانت تقليديا مستقلة الى حد بعيد مثل الادب أو الخلق الجمالي ـ وأصبح على أي باحث في علوم الاجتماع اليوم ان يعير اهتماما متزايدا لمنهجية البنيوية التي تعتمد التجريد غير الرياضي ـ الى أقصى حدّ ممكن ـ وعلى الباحث اما ان يتبنى هذه المنهاجية أو أن يتجاوزها بالنقد . ولكننا نلاحظ انها تفرض نفسها بصفة متواصلة في عديد من المدارس الاجتماعية وقد تؤاخذها بأن إفراطها في التجريد جعل البحوث الاجتماعية التي تتوخى أساليبها تبتعد بصفة ملحوظة عن خصوصيات الواقع وعن طرافة جزئياته وعن مواقع اهتمام أصحاب القرار الذين يبحثون عادة عن استنتاجات قابلة للتطبيق تمكنهم من الاستنارة بها لسن سياساتهم الاجتماعية والاقتصادية . لذلك نرى العلوم الاجتماعية صنفين في منهاجياتها إما تجرد مفرط وإما تلاصق مع الواقع ، أو بالاحرى فان الاتجاهين يمثلان قطبين تتمحور حولها عديد البحوث حسب الاهتمامات والاغراض المتبعة أو المدارس الفكرية . ومما لا شك فيه أن البحوث الاجتماعية تتقلق حسب هذين التوجهين الكبيرين : توجه نحو مزيد من البحوث الميدانية وتوجه نحو تكثيف البحوث البنيوية .

ان الدراسات الميدانية اخذت منذ زمن طويل طريقها ولا تزال تشقه بثبات ونجاح . وطرق البحث المستخدمة تعتبر من مكاسب العلوم الاجتماعية التي نالت إجماع أهل الذكر . والجديد هنا يتصل بإقحام بعض تقانات الاعلامية الحديثة دون ان تمسّ بالجوهر فلا فائدة في التعرض المفصّل الى مناهج البحث الميداني ويمكن لمن يريد مزيدا من الاطلاع ان يعود الى المراجع القيمة العديدة[١] ونكتفي هنا بلفت النظر الى بعض المسائل .

١ ـ ان تطوير الاعلامية انعكس بصفة مباشرة على بحوثنا ولا ينحصر دورها في مزيد الدقة ولا في التوسيع في قدرات البحث التي حققته اذ أصبح من الممكن أن تحتوي الاستبيانات والاستمارات على أكثر من ثلاثمئة أو أربعمئة مادة دون أن يكلف ذلك الباحثين عناء لا يطاق ـ وإضافة الى ذلك فان الاعلامية والحاسوبيات مكنتنا من سيطرة قوية على الاوضاع ومن اقتصاد في الوقت وفي المجهود .

(١) يمكن الرجوع الى : Shrag Zaren, Cattoo-Sociologie, London 1968
ـ علاء الدين جاسم البياتي ـ علم الاجتماع بين النظرية والتطبيق ـ بغداد ١٩٦٥ .
ـ محمود الجوهري وعلياء شكري ومحمد علي محمد ومحمد الحسيني دراسة علم الاجتماع القاهرة ١٩٧٣ .
ـ توفيق مرعي وأحمد بلقيس علم النفس الاجتماعي ـ عمان ١٩٨٢ .
ـ يعرب فهمي سعيد طرق البحث ـ بغداد ١٩٧٥ .

لقد شاهدنا في السنوات الاخيرة أحكاما أدق في التعامل الاحصائي والرياضي إذ أصبحنا نستغل النماذج لتحليل شكل الاستمارات ذاتها وللتعمق في ما يمكن استنتاجه منها ولعلّ التجربة التي حصلت في مختلف ميادين البحوث الاجتماعية منذ قرابة القرن جعلتنا اليوم نسير بثبات ـ ونسجّل أن تجارب « الفرد بي » عن التأثير النفسي الذي يجعل من تجري معهم الحوار أثناء الاستبيان يتأثرون بمواقف من يجري الحوار . وهذه الدراسات تطورت بصفة جذرية وأخذت عين الاعتبار مما أدى الى وضع مناهج عملية معروفة ناجعة في مسايرة الروائز أو الحوار بل احتل التحليل اللغوي للاستمارات والتحليل البنوي لهيكلة ورقة الاستبيان مكانة كبيرة في أي بحث الى حد أن البحث الميداني ذاته أصبح عادة مسبوقا ببحث أولي تختبر قدراته وتزيد فيها .

بل أصبحنا اليوم نلاحظ تواجد محاولات متعددة لاستخراج نظرية عامة للاستمارة ومحاولات هرّيس ووفلاند أصبحت حاضرة في كل أذهان الذكر .

ومهما يكن من أمر فان التحليل الشكلي لورقات الاستبيان تمكننا من فائدتين أولاهما مزيد من استقصاء المعاني الكامنة في الأسئلة ذاتها حسب الفرضيات العملياتية التي يستخدمها الباحث وثانيهما تشديد المراقبة على صياغة الاسئلة وتمكين الباحث من استخدام الاعلامية قصد تشديد التحكم والدقة وقصد تخزين المعطيات الخام مما جعل الاحتفاظ بها ممكنا حتى تستغل ثانية وثالثة للمقارنات يوما ما [1] .

٢ ـ وفي نفس الاتجاه نلاحظ ان طرق البحث الميداني نالت شعبية كبيرة الى أحد أنها خرجت من الساحة الأكاديمية الضيقة ودخلت عالم الجماهير من ذلك أن سبر الآراء والاستطلاع الى مواقف المواطنين لاغراض دعائية أو اشهارية أو سياسية جعلت صحفنا اليومية لا تكاد تخلو يوما من « تحقيق » في ميدان ما . ونلاحظ أن وسائل الاعلام العربية اصبحت بدورها تلجأ الى هذا النوع من التقنيات بعد تبسيطها الى أقصى حد ممكن .

الا أن ما نجده في هذه الصحف وان كان لا يمثل « حقائق » ثابتة في ذات نفسها فانها تكون وثائق اجتماعية يمكن تسليط الاضواء عليها بدرجة ثانية لانها تعبّر بصفة أو بأخرى عن المجتمع ـ تجدر الاشارة هنا الى طريقة « تحليل المحتوى » التي توصلت الى مقدار من الدقة والرفاهة والوضوح مما جعل الكثيرين يلجؤون اليها لتفريغ محتويات الصحف أو القصص او الافلام أو الرسائل الخاصة او المذكرات والكنانيش .

---

(١) راجع :

— Noel D. Belnap Jr., Thomas B. Steel — The Logic of Questions and Answers — Yale University Press, 1976.

— Bernadath Bouchon — Sur la realisation des questionnaires. These — Paris 1978.

— Claude Flammant — L'analyse booleenne de questionnaires. Paris — Mouton, 1976.

— Jean Paul Greny — Les questionnaires d'enquete. L'annee sociologique, 1982.

— R. Boudon — Les mathematiques en sociologie — Paris, 1974.

— J.P. Benzecri — L'analyse des donnees — Paris, 1979.

— Rodolphe Ghiglione, Benjamin Matalon — Les enquetes sociologiques — Paris, 1988.

— C.A. Moser, G. Kalton — Survey methods in Social Investigation — London, 1971.

— J. Bertin — Semiologie graphique.

بل أصبحت آلة الفيديو ذاتها توظف للبحث العلمي اختصارا في الآجال وربما في الوقت وتيسيرا لاستخدامها في ما بعد[٣] .

٣ ـ ونفرد بالذكر هنا المنهاجية المقارنة لما نرى فيها من فوائد جلية خاصة ان طبقناها على الوطن العربي كما سيأتي تبيانه فيما بعد .

الحقيقة أن المنهاجية المقارنة وقع استغلالها في مجالات واختصاصات عديدة ولعلّ أهمّها واقدمها الأدب المقارن الذي جمّع عديد المعطيات التي يمكن الاستفادة منها منهاجيا ومن حيث محتويات التّحليل ومستويات الدّراسة ـ الا أن اللّسانيات وعلم الاجتماع والتّاريخ والاقتصاد والقانون استندت كثيرا الى المقارنة بصفة عامّة ولكنّنا نرى أن أسلوب المقارنة بصفة عامّة ـ كما أكّدنا ـ أنجع وأثمر في إطار الحضارة الاسلامية لما لها من وحدة ذاتية من جهة ولقابليتها لعملية التنميط من جهة أخرى .

ولسنا في حاجة لنعيد الى الاذهان أن المقارنة العلمية الموضوعيّة لا بدّ لها من أن تحترم بعض الشروط أهمّها :

(أ) اقتطاع موضوع محدّد تستطيع البحث فيه عبر جميع المجتمعات المقارن بينها . وقد يكون هذا الموضوع في أي قطاع شئنا ـ مثل تصميم المدن معماريا أو استخدام الوسائل السمعية البصرية أو تنظيم الاسرة أو أساليب الانتاج أو تنشئة الطفل ـ فمن المفروض أن يكون الموضوع ذا بال في المجتمعات المدروسة .

(ب) بسط الاشكالية الاساسية للبحث في صورة تجعل المقارنة ممكنة مفيدة لفهم ما يجري في كلّ مجتمع على حدة ثم لربط الصّلة بين جميع الاستنتاجات الجزئية الخاصّة بكلّ قطر قصد تجميعها في منظومة تأليفية عامّة تعطي بصفة واضحة وبأكثر ما يمكن من الدّقة أوجه الشبه والفروق بينها .

(ج) المقارنة تستند الى بحث مسبق يثبت النّقاط والعناصر التي يجب أن تكون محلّ اهتمام ولا بدّ في هذا الصدد من توحيد الوسائل من حيث توجّهاتها العامة ومن حيث وسائلها العملية كأوراق الاستبيان والاستمارة والتعليمات التي تقود الباحث في عمله وكذلك أيضا من حيث ضبط المفاهيم وتحديد معانيها وتوضيح الفرضيات واستقصاء الصّعوبات المتوقّعة وتصوّر بعض الحلول العملية لها .

(د) وليس من الضّروري أن تكون هذه الوسائل هي نفسها في كل حقل من ميادين البحث لان المقارنة المفيدة ليست بين تفاصيل الاوضاع وجزئياتها بقدر ما تكون بين حزم من الاستنتاجات تكوّن غاية البحث البعيدة لانها تثبت في جملتها الاتجاه الذي سارت فيه تجربة هذا البلد أو ذاك والتي تنعكس فيها طرافتها ونجاعتها وعبقرية أهلها أو تثير المصاعب التي تصدّت لها أو المآزق التي تردت فيها .

---

(٣) راجع Jean-Paul Almetti, Michel Bertaux. Video questionnaire.
Nouvel outil d'enquete telematique. Communication au congrès d'Esomar — Amsterdam. Avril 1981.

(هـ) ويستحسن لو تمّت هذه البحوث المقارنة بين عدد وافر في البلاد العربية أو الاسلاميّة وأن يكوّن فريق دولي لاجرائها يمكّن من الاجتماع قبل اجراء البحوث الميدانية قصد وضع تفاصيل منهاجية البحث واستنباط الوسائل الكفيلة بتغطيته وتوحيد أهدافه وتركيز قاعدة للحوار بين من يسهر على اجرائه وان يمكّن الفريق من الاجتماع ثانية بعد انتهاء البحوث الميدانية لاستخلاص ما يمكن استخلاصه من التجارب التي تمّت دراستها .

٤ ـ أما البنوية فانها أصبحت من باب الدرجة في الاوساط الثقافية الغربية والعربية ، ونالت رواجا كبيرا وشهرة فائقة . وهذه الشهرة التي نالتها قد تكون مست من مكانتها العلمية بل زيفتها احيانا لما أدخل عليها من تشويش أت من استعمال فوضوي وفي غير محله الا ان هذه الخرافات لا تمنع من انها اثبتت جدواها فلا يمكن للباحث ان يهمل الطرق التي فتحتها أمامه .

فالبحث عن الهيكل أصيل وانبنت عليه العلوم الاخرى ذلك أن الافراد في الطبيعة والنبات والحيوان يتشكلون في صور ثابتة تختلف حسب الاجناس والطباع والاوضاع فالهيكل يمثل فيها عنصر العناصر ويبرز الهيكل في شكل ما بعد عملية رياضية منطقية تعتمد المقارنة بين الوحدات لفرز القواسم المشتركة بينها وتجريدها من العناصر الجزئية الخاصة بكل فرد من الافراد المكوّن منهم النوع . وكان من الطبيعي أن تلجأ العلوم الاجتماعية الى هذا المنحى فتحاول ان تتوصل الى فهم القرابة مثلا انطلاقا من الاسرة الغربية والافريقية والآسيوي والعربية وان تحاول تحليل الطبقات الاجتماعية انطلاقا من علاقات مختلف الشرائح الموجودة بالفعل في المجتمعات الرأسمالية الاوروبية والامريكية والاشتراكية والسائرة في طريق النمو .

البحث عن البنية هو بحث عن القواسم المشتركة المحدود عددا ودورا والتي يمكن اعتمادها « لقراءة » ما يجري في أكبر عدد ممكن من المجتمعات فنقول مثلا ان تحجير نكاح المحارم هو العنصر الفعال في تكون القرابة والاسرة أو أن صراع الطبقات هو المحرك الاصلي لجميع التطورات التاريخية لسائر المجتمعات .

وهذا التوجه الذي انطلق من اللسانيات والانتروبولوجيا والنقد الادبي أخذ يغزو شيئا فشيئا سائر العلوم الاجتماعية الا أن عديد الباحثين مثل « لاز رسفليد » يشكون في جدوى هذه البحوث وفي نظريات « ليفي ستراوس » ويرون أن لا مبرّر في علم الاجتماع لاستخدام هذا المنهاج[1] . الحقيقة ان الغموض يعتري أكثر من دراسة ولكن مما لا شك فيه أن أي مجتمع ما ـ وأي عنصر من عناصره يتهيكل حسب معايير ذاتية معينة ـ المجتمعات فئات واصناف وطبقات وقطاعات واقتصاد أي مجتمع ما يتهيكل بدوره حسب قوانين الاسعار والعرض والطلب وعلاقة القطاع الزراعي منها والصناعي والخدمي .

فلا مانع اذن من ان يهتم الباحث بالعلاقات العضوية الرابطة بين الاجزاء والقطاعات والاصناف والطبقات والشرائح وان يحاول اثبات ما تجده بصفة متكررة في أوضاع مختلفة متباينة . وهذه المحاولة تجرنا الى محاولة القيام

(1) راجع : UNESCO. Tendances principales de la recherche dans les sciences sociales. Paris — 1978, T.I — P.I — p.138.

بعمليات مختلفة من اسقاط وتجريد وتقليص وهي تستند الى روح التنظير العلمي المبني على المقارنة واجلاء العلاقات الضمنية ، وهذا التوجه البحثي وإن كان أقل ثراء من البحث الميداني وإن كانت نتائجه غير ملموسة وغير قابلة للاستخدام المباشر وللتطبيق فان مشروعيته ليست في حاجة الى مزيد من التبرير .

الا أن مفهوم « الهيكل » ذاته كما يستخدمه عديد العلماء ـ بغض النظر عن « الهيكلية » التنظيرية ـ يمكننا من التحليل القيم لانه يحول ربط الاجزاء بعضها ببعض ويخرج الدراسات الميدانية من منظارها الضيق التجريبي البحت المبني على مجرد الملاحظة والاختبار(*) ـ وعلى كل فانه يتعين على الاجتماعيين ان يجتنبوا الخلط بين « النظريات الاجتماعية » وهي نظريات مشروعة يحكم الواقع لها أو عليها و « النظريات الفلسفية والسياسية » للمجتمع الامثل فالماركسية مثلا والبنوية تحاولان الجمع بينهما بل لا تميزان بين العقيدة الفلسفية أو السياسية والدينية الخاصة بأي باحث ما وحقيقة العلاقات الاجتماعية كما تتجلى من خلال الواقع ذاته بما في ذلك العقائد ولكن باعتبارها « شيئا » اجتماعيا .

ان الاحتراز الذي نبديه ازاء المنهاجية البنوية كما يستخدمها بعضهم تنبع من الاشكاليات الضمنية التي تثيرها وتبقيها بلا جواب كما رأينا ـ وهذا الاحتراز يتدعم بتخوفاتنا من أن تنزلق الدراسات الاجتماعية العربية الى البحث عن الكليات المجردة فتهمل بذلك ما نحن في أشد الحاجة اليه وهو مزيد من التعرف العلمي الدقيقي الموضوعي على الواقع الاجتماعي العربي لذا نريد الوقوف في الصفحات الموالية الى تحديد منهاجية البحث الاجتماعي في الوطن العربي ومدى مساهمته في اثراء التيارات العلمية .

هل نحن في حاجة الى التذكير بأن العلوم الاجتماعية انطلقت ايضا من المجتمعات العربية وانها راسخة القدم عندنا منذ عهد بعيد اذ كان البيروني مثلا والابن خلدون ـ وغيرهم ـ فضل لا ينكره أحد ؟ فدراسة منهاجية ابن خلدون لا تزال لافتة للانتباه لما سنه من قواعد لا تزال حداثتها محلا للبحث والتعليق . لقد سن اتجاهات للوصف وللتحليل وللتكميم ولربط العناصر بعضها ببعض فهو أول من أشار الى ضرورة التحليل النوعي والكمي الذي لا بد أن ينتهي الى التركيب الهيكلي والى التنظير حتى توضيع الظواهر الاجتماعية في محيطها العام وفي سياق الدفع التاريخي العام الجار لها(٦) على المساهمات العربية العصرية في البحوث الاجتماعية وخاصة من الناحية المنهاجية .

وأول سؤال يطرح يتمثل في مكانة البحوث الاجتماعية من المجتمعات العربية ذلك أنها لم تكن دائما « عربية » لا من حيث الباحثين ولا من حيث التوجهات ولا من حيث اللغة فالذين كتبوا « علميا » في بداية هذا القرن عن العرب كانوا ينتمون الى مجتمعات تستخدم المعرفة الاجتماعية للسيطرة على العرب ولدعم نفوذ الغرب عليهم . فالوصمة الكبرى للدراسات التي صدرت في هذا المجال انها كانت تتم في اطار علاقات طبعها الاستعمار بطابعه الخاص فارتبطت

(*) راجع René König, Sociologie — Paris 1972, 823

(٦) راجع : علي الوردي ، منطق ابن خلدون ، تونس 1976

حسن الساعاتي ـ علم الاجتماع الخلدوني القاهرة ١٩٨١

Mondher Kilani. Introduction al Anthologie. Ramsam 1989

البحوث الاجتماعية بالنزعة الاستعمارية الانجليزية والفرنسية خاصة . ومساهمتنا الكبرى أننا أثبتنا أن المنهاجية المتبعة في هذه الدراسات لم تكن بريئة وانها مهما افلتت من تدابير فان موضوعيتها محدودة للغاية . ولما وقع « تعريب » العلوم الاجتماعية فان ذلك لم يكن مجرد ترجمة بل إعادة بناء العلاقة بين الباحث والموضوع فكانت اليقظة العربية بمثابة يقظة ابستمولوجية معرفية تتجاوز كثيرا حدود المنطقة . وبديهي أنه ليس من المفروض ان يكون الأجنبي أكبر قدرة على البحث لتخلصه من الماقبليات ولتجرده ولبعد نظره عن الموضوع لان ذلك قد يعرضه الى تجاهل امور بالغية بمكان فينقل ما تجمعت لديه من أفكار واحكام يسلطها على الموضوع . وليس أيضا من المفروض ان يكون صاحب البيت ادرى بشؤونها لتعايشه معها من الداخل الا أن هذا التلاصق والتعود والالفة كل ذلك يعرضه بدوره الى خطر الايهام الذاتي الذي يجعله من حيث لا يشعر يقر علاقات مغلوطة في كيانها لا لشيء سوى انه اعتادها وآمن بحقيقتها .

وهذا جدل لعب دورا كبيرا في تطوير منهاجية العلوم الاجتماعية وساهم العرب في تنقيته وبلورته[٧] ولكن الخروج منه ادى البحوث الاجتماعية الى مراجعة نوعية علاقة اطار البحث بموضوعه فاصبحنا نربط نجاعة البحث بقدرته على الجمع بين المسافة والتباعد والمشاركة الداخلية . فالبحث الاخصب هو الذي « يموضع » الاشكالية ويخرج بها من الضمنية الى المجلّ ومن الباطن الى الظاهر . وهذه العملية لا تتم الا باستنباط العلاقات التي يتوصل من الداخل الى معرفتها والى ضبطها بشيء من الانجذاب والالتباس والمشاطرة اليومية لاساليب العيش . لذلك اصبح من المسلم به ان الابصار الغربي على العرب ونظرة العرب لانفسهم يتكاملان بل أصبحنا نعمّم ذلك وندرك ان الحقيقة التي يبحث عنها علم الاجتماع متشعبة ، معقدة وان الموضوعية في المناهج لا تكفي وانه لا يمكن أن يستغني للتوصل اليها . أو على الاقل للاقتراب منها لا عن الملاحظة والدراسة الخارجية ولا عن التحليل الذاتي . والنقد هو الذي يفصل في نهاية الامر بين المغلوط والمصيب فالمساهمة العربية كانت أولا وبالذات في اعادة الامور الى مكانها والى حصر ادعاءات الاستشراق في النطاق العلمي الذي كان من المفروض انها لن تخرج منه ابدا . ولذلك رأينا من الضروري أن نلفت النظر الى أمرين هامين بمكان أولها ان البحوث العربية هي بمثابة اعادة الروح للذات لانها جزء من الوعي وعملية كشف من الداخل لان المهاجية ترمي الى التعرف على الواقع وبذلك ولكونها صادرة من عقر المجتمع فانها تساهم في تغيير الذات نفسها . مما يؤدي بنا الى اعادة النظر في مفهوم الموضوعية والى أخذ ذلك بعين الاعتبار في جميع مراحل بحوثنا الميدانية . والامر الثاني الذي نريد التركيز عليه ان البحث العربي مقارن أو لا يكون وانه يتعين ان نعطي للمقارنة المكانة التي تستحق في سياساتنا البحثية وفي تطويرنا للمنهاجيات .

البحث الاجتماعي عنصر من عناصر السيادة السياسية وآلة للسيطرة على الوضع ، فالعلوم الاجتماعية تلتصق كما قلنا اشدّ الالتصاق بالبيئة التي يتكوّن فيها وبالاحرى تلك التي يبرز فيها وبالحضارة التي يستند اليها وبالاهداف التي يرمي اصحاب القرار التوصل اليها . فلا يمكن والحالة تلك ان تفرز بين الباحث العربي ومجتمعه . فالباحث الواعي عالم يتوخى الموضوعية مهما كانت آراؤه ملتزمة وهو في نفس الوقت ابن قومه مهما حاول أن يتجرّد فهو ناطق باسمه ومعبّر عنه

(٧) راجع : . مناهج المستشرقين في الدراسات العربية الاسلامية . مكتب التربية العربي لدول الخليج تونس . الرياض ١٤٠٥ هـ . ١٩٨٥
. ادوارد سعيد . الاستشراق . Orientalisme, L'orient Créé par l'Occident — Paris, 1980.

ووسيلة يقظته وضميره الحي وبعبارة أخرى فان المعرفة الذاتية تمثل في علم الاجتماع كنه المعرفة وهي في نفس الوقت الشرط الاساسي لتجنب الملابسات والخروج من الاحكام المسبقة التي يصدرها الباحثون الاجانب . ومن هذا المنظور فان التعرّف على النفس يمثل العنصر الاصلي في تحليل الاوضاع السائدة وفي تفكيك دواليب المجتمع وتفتيق مؤسساته ورفع القناع عن ملابسات الاقوال والافعال .

ان مختلف الدول العربية على تنوعها وتباين اختياراتها السياسية وأنظمتها الاجتماعية والاقتصادية تلجأ الى البحوث الاجتماعية - ولم تكن لتفعل ذلك لتطوير المعرفة الاجتماعية عامة من الناحية النظرية المجانية ولكن لغايات تطبيقية بحتة فهي أجمعت على ضرورة اقحام البحوث الاجتماعية في صميم التحركات الاجتماعية - البحث الاجتماعي العربي موجّه اليوم الى حد اننا اصبحنا لا نكاد نتصور قرارا يؤخذ على الصعيد السياسي أو الاقتصادي أو الثقافي أو بالاحرى على الصعيد الاجتماعي دون أن يكون قد استند الى بحوث والى دراسات اجتماعية[٨] .

ومن هذا المنطلق أتت الابحاث العربية في العقدين الاخيرين لتركز على المنهاجية الميدانية - أجل ليست هناك طرق بحث ميدانية متميّزة في الادبيات العربية فهي تأتي جميعا في سياق ما قلناه عن التطورات الجارية حاليا على الصعيد العالمي فالمسألة تتعلق اذن بالشروط العلمية الصرفة اللازم احترامها من طرف الباحث بقدر ما هي تتعلق بتأصيل هذه البحوث في كنه المجتمع العربي من حيث اختيار المواضيع وضبط الاولويات . الا أن أساليب البحث واختيار الوسائل العلمية في تصور المشاريع وصياغة الفرضيات وتحرير الاستبيانات وسحب العينات ومعالجة الجداول الاحصائية وتأويلها كل ذلك ينصب في المنهاجيات العامة ويمثل القاسم المشترك بين جميع البحوث والدراسات أينما أجريت لان قواعد المنهاجية العامة لا تحتاج الى أقلمة خاصة أو تطويع ما حسب المجتمع المبحوث فيه أو وضعية الباحث فهي من العناصر الشائعة التي يختار بينها حسب الظروف والإمكانات والتي تتمحور في نهاية الأمر أهميتها في قدرتها على تسهيل الاجراءات وموضعة المشاكل وإعطاء الاستنتاجات طابع العقلانية ورفع الشك فيها قدر المستطاع .

أما القضية الاساسية فهي تكمن في علاقة البحث أغراضا وأهدافا واستنتاجات بالمجتمع العربي الذي يبحث فيه الى حد أنه اصبح وكأنه هو الذي يبحث عن نفسه عن طريق الباحثين ذاتهم فالعلوم الاجتماعية العربية مفروض عليها أن تكون موضوعية لانها ترمي الى الدقة والضبط والحقيقة وأن تكون ايضا ذاتية لانها تمس جوهر الوجود الجماعي وتعنى بأسرار الحياة وتكشف القناع عما يجري في عقر ديارنا فالبحث يقترن بالوعي ولا ينفصل عن الاختيارات المصيرية الاساسية ولا عن المشاريع الحضارية التي تبنى عليها إرادة الحياة .

إلا أن ما تستند اليه طرق البحث هذه في حاجة الى عملية تطهير وانتقاء لا في صلبها ولكن في ما يجول حولها أو ما تستخدمه من كلمات « عادية » وعبارات مختلفة ومفاهيم تقنية والفرضيات التي تنطلق منها ليست بريئة في ذات نفسها والاشكاليات بدورها قد تتلاءم وقد لا تتلاءم مع الاوضاع العربية . أضف الى ذلك أن النظريات التي قد يتحرك البحث في أرجائها ضمنيا أم لا مثل الماركسية أو الدركايمية أو البنوية قد تكون بمثابة المنظار المقرّب أو المبعد وفي بعض

(٨) راجع : سياسات العلوم الاجتماعية في العالم العربي - تونس ١٩٨٦

الحالة المشوّه والمحرّف ـ فنلاحظ أن الكثيرين من العرب المختصين في مختلف العلوم الاجتماعية يكرسون أوقاتا ثمينة وجهودا طائلة في بحوث منطلقها غير وارد فتراهم يحصلون الحاصل ويلهثون لاثبات بديهيات ثابتة منذ عهد بعيد أو ينقلون الى العالم العربي استنتاجات قد تكون تحققت فعلا في مجتمعات اخرى ولكن في ظروف مغايرة فتراهم يتفانون في تدقيق بعض المصطلحات ويسلطونها من أعلى على الاوضاع الاجتماعية العربية . والحال ان تلك المفاهيم وان كانت طريفة في ذات نفسها وجديرة بالاهتمام والدروس والعناية فانها أصلا وليدة المجتمع الصنيع الاوروبي المسيحي واستخدامها باسم كونية المعرفة العلمية غير وارد وغير مشروع لانها لم تأخذ بعين الاعتبار كل الأوضاع الممكنة إنسانيا ، ولكن البعض منها فقط ، فنقلها بتلك السهولة والبساطة الى المجتمع العربي يكون حجر العثرة في مسيرة البحوث الاجتماعية العربية . ولذا نلاحظ أن عديد الابحاث لا مبرر لها سوى إرادة إثبات صحة النظرية الماركسية أو البنوية فتكون بمثابة تصريف النظريات على حساب المنهاجية .

وهذا لا يعني أن الباحث العربي لا بد له ان يبعد عن النظريات الغربية السائدة وانما نعني بذلك أن عليه ان يسعى دوما الا تطغى النظريات على المنهاجية في بحوثه . فالنظريات والمفاهيم وأساليب البحث ليست الا آلات مسح ووسائل تحليل عليه نقدها هي على ضوء الواقع الاجتماعي العربي لا نقد المجتمع العربي على ضوئها هي فالمفاهيم وطرق البحث قيمتها عملياتية ولا تستمدّ أي قيمة الا من جدوى البحوث الجارية ـ فنوعية المنهاجية المتوخاة ذاتها تملي علينا إذن كثيرا من الحذر والتحري وقسطا وافرا من التواضع والنقد الذاتي .

الوطن العربي كسائر البلاد النامية ـ في حاجة الى إبراز خصوصياته عن طريق البحث الميداني وعن طريق التنظير اكثر مما هو في حاجة الى تجاوز تلك الخصوصيات نحو معرفة في نهاية التجرّد كما تدعونا الى ذلك البنوية أو الماركسية وعلينا ألا ننسى أن تأخرنا هو تأخر أيضا في التعرّف بدقة على تفاصيل أحوالنا الاجتماعية والاقتصادية والثقافية مما يفرض علينا أن نركز على منهاجيات تساعد على مزيد من التعرّف على الذات . وتأتي بعد ذلك في مرحلة ثانية من الأولويات ـ عملية الارتفاع بحصيلة البحوث الى مستويات من الاستنتاج والتنظير تنصب في نهاية الامر في التيار العالمي مباشرة وقد يثبت هذا التدفق والسيلان أن ما نصرفه من بحث لا يزال دون المرجو فيدفع ذلك بنا وبدوره الى برمجة بحوث أخرى ودراسات تكميلية واستقصائية وهكذا دواليك لان حركية البحث الاجتماعي في وطننا لم تبلغ ذلك العمق وتلك القوة التي نلاحظها في البلاد المتقدمة من أوروبا وأمريكا وآسيا ـ حيث وفرة الامكانات ـ المهادي منها والعمي والبشري ـ وتقاليد الادارة حكومية كانت أم خاصة . وتنوع الاتجاهات يجعل هذه البحوث تمتد في اتجاهات ومستويات مختلفة ولذلك كان الاقتصاد في الجهد والبحث عن الجدوى يمثلان ضروريتين تتبلور حسبها الاولويات في تخطيط بحوثنا العربية واختيار المنهاجيات الاكثر تلاؤما مع أوضاعنا وأهدافنا وقدراتنا ولذلك سنظل طيلة العشريتين القادمتين في حاجة الى تكثيف البحوث الميدانية والمنهاجيات التي أشرنا اليها في الحدود التي ذكرناها والتي تمثل بالنسبة الينا الطريقة المثلى .

معناه أن الافراط في التجريد وان كان محمودا في ذات نفسه وان كان ايضا يمكننا من توجيه بحوثنا الى أغراض معرفية كونية غير نفعية بصفة مباشرة قد يحرمنا من الاستفادة منها بالقدر المرجو ومن الخروج بها من مستوى المعرفة الى

مستوى التطبيق والاستشارة في اخذ القرار ـ وتفصل ـ البحث الميداني بالسياسات العامة يمثل اشكالية أكيدة تتفرع عنها قضايا منهاجية هامة نذكر أهمها :

- اختيار الموضوعات وتحديد الاهداف وتطويع طرق البحث لها .
- علاقة الباحث بموضوع البحث والمجموعة والافراد الذين سيتعامل معهم .
- علاقة الباحث بأصحاب القرار
- علاقة البحوث بعضها ببعض وضرورة ادراجها في منظومة متناسقة .
- توخي منهاجيات ميدانية مختلفة حتى تتكامل البحوث ويستند بعضها لبعض فيزداد نصيبها من الدقة .

ولقد شاهدنا في العشرية الاخيرة من يدعو الى « علم اجتماع عربي[٩] » وتعرضنا إلى هذه الظاهرة في الصفحات السابقة الا أنه يبدو لنا ان المنهاجية المقارنة تمثل في الظرف الراهن افضل الطرق للاستجابة الى حاجيات الوطن العربي من ناحية ولبناء اللحمة بين مختلف أجزائه .

الحقيقة أن البحوث الاجتماعية قلما تخلو من المقارنة ، بل يمكن أن نجزم أن كل ما يكتب عن المجتمعات الاسلامية والعربية منطلقة من المفاهيم الغربية المستخدمة والتي تحمل في طياتها خلفية تعتمد المقارنة بصفة أو بأخرى ضمنية كانت أم واعية . وما الماركسية والدركايمية والفيبرية والوظيفية والهيكلية ، وحتى الميدانية ذاتها ، الا نتاج لتاريخ المجتمعات الغربية فالتمحور حول هذه المجتمعات واضح الى حدّ أن عديد الدراسات الاستشراقية ليست في نهاية الامر الا محاولة لتصدير المعرفة الاجتماعية الغربية بمختلف معاني الكلمة .

فكان لزاما علينا أن نفكك المنهاجيات المتبعة في هذه الدراسات الدخيلة حتى لا تطغى علينا النقدية المفرطة فلا نتقبل ما يكتبونه عن مجتمعاتنا الا بعين تميّز بين الاتجاهات وتغربل بين « الحقائق » وتصفي الحسابات فلا بد من أن نعيد النظر في أسلوب المقارنة ونكتسب الامكانيات المنهاجية الهامة التي تضمنها هذه المنهاجية وذلك على شرط ان نحولها من « الخارج » الى « الداخل » فمن « الداخل » الى « الذاتي » وهذا يتطلب نقد المفاهيم وتزكية المواقف وضبط الفرضيات وتدقيق الاستنتاجات . معناه أن المنطلق في كل خطوة من خطوات البحث وفي كل مرحلة منه ينبغي أن يكون واقع المجتمعات العربية باعتبارها تكون وحدة متنوعة « أو ان شئنا تنوعا في الحدة ـ الانفجار السكني وتطور الاسرة وتقلص التقاليد وتفاقم البطالة ومعوقات التربية والفوارق الاجتماعية وتمزق المثقفين وعجز أجهزة الدولة والتزايد في عدم التوازن بين العرض والطلب والدخول في دوامة الاستهلاك وتأثير الوسائل السمعية والبصرية الحديثة وأزمة وسائل النقل . . . كل هذه عوامل وقواسم وظواهر اجتماعية مشتركة ـ الا أن السمات التي تتسم بها والجزئيات التي تتلوّن بها والظروف المحيطة بها تعطي لها طابعا خاصا بهذا البلد أو ذاك ويجب أن نرمي الى مزيد من التعرف على هذه

(٩) راجع : المركز الاقليمي العربي للبحوث والتوثيق في العلوم الاجتماعية ، نحو علم اجتماعي عربي ، القاهرة ١٩٨٣ .
مركز الدراسات والابحاث الاقتصادية والاجتماعية ، سياسة العلوم الاجتماعية في المغرب العربي ـ تونس ١٩٨٦ .
مركز دراسات الوحدة العربية ، « نحو علم اجتماعي عربي » ، بيروت ١٩٨٦

الخصوصيات وأن تعتبر تجربة كل بلد كجزء من تجربة أوسع ينبغي التعرف عليها ووضعها تحت تصرف أهل الذكر في البلاد وخاصة اصحاب القرار منهم .

ومهما يكن من أمر فان المقارنة ـ والمقارنة وحدها ـ تفتح المجال أمام عملية التنميط ويبدو أن منهاجية التنميط من أهم المنهاجيات وأكثرها خصوبة[١٠] وبديهي أن معظم الدراسات الحالية تنمّط المجتمعات الى شمال وجنوب والى مصنع وغير مصنع ـ والى تقليدي وعصري ـ والى نامٍ وسائر في طريق النمو وسلطوي وديموقراطي الى غير ذلك من التصنيفات الشائعة . الا أن السؤال المطروح هو : هل من الممكن أن نتجاوز هذه التنميطات التي مردها في نهاية الامر مقارنة مع البلاد الغربية التي انطلقت منها حركة البحث الاجتماعي في العهد الحديث ؟ لماذا يبقى البحث مقصورا على ثنائية الغرب وبقية المجتمعات الاخرى ؟ لا بد من تجاوز هذا الحصر مما يعني بالنسبة للبلاد العربية ضرورة نقل محور البحوث ومركز الثقل المنهاجي من معايير دخيلة الى معايير ذاتية تأخذ بعين الاعتبار العناصر الموضوعية المكونة للمجتمعات العربية . وتحديد فهم المجتمعات العربية لا يمكن أن يتم الا باعادة النظر في التنميطات التقليدية لينطلق من معايير ذاتية ثابتة أخرى مستقاة من واقع العرب ذاتهم ومما تفرضه عليهم ظروف الحياة ماضيا وحاضرا ومستقبلا . واعادة التمحور هذه عملية ضرورية ومنهاجية جزيئة لا بد منها ان أردنا الخروج من النظرة التحليلية المألوفة والتي تحصرنا بين مسلك التقليد الماضوي السلبي والتمزق الحضاري والاستلاب المتسرب للحداثة ـ بل الموضوعية في البحث تقتضي ان نضع المجتمعات العربية في صلب جدلياتها التاريخية وفي إطارها الحقيقي المتجدد المبتكر الذي يجعلها تتعامل بشتى صور التعامل : الحافز منها والمثقل للمحتطب والمبدع الخلاق .

وهذا التنميط المبني على المقارنات الموضوعية الدقيقة لا بد أن يكون خاضعا الى ما هو أساسي وثابت في الحضارة العربية المعاصرة : علاقة الفرد بالمجموعة وبناء الشخصية الجماعية وتنشئة الافراد ومقدار ضغط القيم والتكامل العضوي لقطاعات النشاط ـ وينبغي ايضا أن يأخذ هذا التنميط بعين الاعتبار جملة المستجدات التاريخية وخصوصيات الاطر الطبيعية والاقتصادية والتنظيمية والسياسية محليا وجهويا ودوليا ـ اذ من البديهي ان الوضع الاجتماعي يختلف حسب كثافة السكان وشح الموارد المالية والبعد الجغرافي عن المراكز السياسية وقوة الضغوطات الخارجية والمكانة في الاقتصاد العالمي .

هذه اعتبارات سريعة جدًا ذكّرنا بها فقط لنثير الانتباه الى أهمية طريقة البحث المقارن التي نرى فيها منهجية سليمة جديرة بأن تعطي في الظروف الراهنة دفعا جديدا لبحوثنا الاجتماعية العربية حتى تخرج من العقم الذي تردت فيه بعض جامعاتنا وحتى تقلب الوضع فتساهم في فهم الذات وتعين اصحاب القرار على افراز احسن الاختيارات وتنحت كذلك صورة جديدة أو على الاقل معدلة وأكثر انصافا وواقعية مما تعطيه عنّا عديد الدراسات الحالية وليست الحياة الاجتماعية في آخر الامر سوى « معادلة » نهائية شاملة ضخمة لكل ما يجري على ساحتها .

---

(١٠) راجع : — Karl W. Deutsche. La theorie des systemes et la Recher che comparative. Revue Internationale de Sciences Sociales n°103-1985

— E.A. Liskes. La comparaison internationale comme methode de validation en Sciences Sociales.

نفس المصدر

واذا أعطينا لكل هذه الاعتبارات ما ينبغي من الاهتمام فلا بد من أن نستنتج ان الامة العربية و عنقودية ، الشكل متنوعة السمات متفرعة الاساليب ولكنها متجانسة النفس أحادية الروح لانها تجابه باسلحة متنوعة تحديات هي في نهاية الامر ومهما اختلفت في الشكل وفي الظرف فانها تعيش مشاكل جوهرية مصيرية وبالتالي موحّدة وموحِّدة تساهم بدورها في نحت تلك « المعادلة » الاجتماعية .

تجديد المناهجيات في العلوم الاجتماعية أخذناه في مستويين بيّنا بينهما لان التطورات الحالية تجري على الصعيد العالمي وتجري كذلك على الصعيد القومي العربي ـ ولفتنا الانتباه الى الخلافة واسعة النطاق التي جعلت المنهاجية تغنم المكاسب التي حققها إقحام الرياضيات والاحصائيات والاعلامية في صلبها ورأينا أن التفنن في جمع المعطيات وفي تدقيقها وفي تخزينها في بنوك ترتفع طاقتها المحاسبية يوما بعد يوم . ولفتنا النظر ايضا الى واقع العلوم الاجتماعية في الوطن العربي وما يترتب عنه من مشاكل خاصة تتعلق بمعالجة قضايا التنمية والسيطرة على التغير الاجتماعي بما يفرض تفريع المناهجيات الى مسالك تتماشى ومتطلبات الاهداف المتبعة .

وبطبيعة الحال ما يجري على ساحة البحث الاجتماعي العربي يصب في المخزون العالمي فهي تمثل المساهمة العربية لبسط مشاكل العصر كلها واكدنا على ان الذي يعوزنا هو الربط الافقي بين البلاد العربية التي يرتبط كل منها بصفة اسرع وأسهل مع البلاد الغربية فلا تقارن أوضاعها الا بالرجوع الى التجارب الغربية ولذا أكدنا أهمية المناهجية المقارنة على الا يفهم ذلك كغاية في ذات نفسها ولكن كأداة للفهم المشترك يرمي في نهاية الامر الى فهم الانسان والى خدمته أينما كان .

وان المتأمل في حاضر العلوم الاجتماعية يلاحظ انها تثير بخمسة تساؤلات مصيرية كبرى .

١ ـ التشكيك المعمم على نطاق واسع في قيمة الايديولوجيات الكلية التي كان لها دورها الفعّال في دفع العلوم الاجتماعية الى الامام ـ لا الماركسية ولا البنوية ولا الدركايمية ولا الفيبرية تتمتع الآن بسمعة طيبة ـ فضل هذه النظريات على العلوم الاجتماعية لا يحصى ذلك أن آلاف الدراسات مدينة لها بشيء ما ان كثيرا فيسيرا . الا أن الاحلام العريضة التي فتحتها أمامنا لم تتحقق إلا جزئيا وبصفة هشة ، أضف الى ذلك أن المجتمعات تطورت في اتجاهات متباينة عن العقائد السائدة في أوساط الاجتماعيين ان لم تكن مناقضة لها تمام التناقض . وربما كانت كلمة « افلاس » هنا مبالغا فيها أو في غير محلها ، الا أنه لم يبق احد ينتظر من كبريات النظريات ان تساهم بصفة ايجابية في القفز بالبحوث الاجتماعية ـ فظلت هذه تبحث عن مراجع أخرى لتنير السبيل أمامها . وواضح ايضا أن الدراسات الميدانية التجريبية في حاجة الى توجيهات تسير على هديها . . . والسؤال الملح يتعلق بكيفية تعمير الفراغ الحاصل .

٢ ـ والسؤال الثاني ناجم عن تعدد مصادر الدراسات الاجتماعية فحتى الستينات كان الخطاب الاجتماعي يصاغ في بعض العواصم بالبلاد النامية وكان أيضا اختصاصا لعدد قليل من الجامعات ومؤسسات البحث والدراسات أما اليوم فاننا نعيش توسعا أفقيا وتوسعا عموديا لمصادر الدراسات . فمن ناحية اخذت جميع الدول تتحمل مسؤولياتها في مختلف مجالات البحث العلمي بل أصبحت تعتبر البحث الاجتماعي عنصرا من عناصر السيادة القومية . وعمّت

القناعة ان البحث الاجتماعي لا يمكن أن يتم عن طريق الانابة وان كانت الاغلبية الساحقة للدراسات الاجتماعية لا تزال تنتج في امريكا الشمالية وفي اوروبا فان دراسات هامة ـ وهامة جدا ـ صدرت عن الهند والبرازيل واليابان وكوريا ونيجيريا وطبعا من مختلف الدول العربية .

والى جانب هذا التوسع في رقعة مصدر الدراسات نلاحظ ان عديد المجموعات المحلية والاقليمية خرجت من صمتها العلمي ودخلت في المساهمات الفعلية ولئن كانت هذه المساهمات لا تزال متلعثمة محتشمة فانها تمثل بمجرد وجودها إعادة النظر لما كان يصدر من أحكام ضمنية في الدراسات السابقة . ويمكن أن نقول ان البحوث الاجتماعية ستركز في السنوات القادمة اكثر فأكثر على الحوار الضروري بين الملاحظين الخارجيين والدارسين من الداخل ـ وقد لفتنا النظر فيما سبق الى الجديد الجاري في اطار منهاجية المشاركة الفاعلة [١٠]، تزايد عدد الدراسات الاجتماعية التي تلجأ الى تحليل المحتوى أو الى استقصاء الواقع عن طريق المعايشة من الداخل . ولعل البحوث الانثربولوجية الثقافية في مقدمة هذا الاتجاه .

٣ ـ القضية الثالثة تتعلق بالمنافسة التي تنجر عن دخول أجهزة الاعلام الجماهيرية في محاولة تحليل الاوضاع الاجتماعية وتغطيتها ، ذلك أن هذه الوسائل وان كانت تمثل واقعا اجتماعيا فانها تتقلب من حين لآخر لوسائل يتم عن طريقها الوعي بالمشاكل القائمة وتحسس الجماهير عن طريقها بالآفاق المفتوحة أمامها أضف الى ذلك أنها اخذت أكثر فأكثر تبادر بالقيام بدراسات بحوث اجتماعية وسبر للآراء ومن أجل ذلك لم يبق الباحث أمام وضع اجتماعي « خام » بكر يفتحه لاول مرة بل يكون الواقع قد مرّت عليه تجارب ليست دائما مثلا البرامج تتيحه وسائل الاعلام البعض من الواقع وتشوشه أو تضفي عليه صبغة ما : صبغة الرفض او المطلبية أو صبغة التشبث والتمسك ـ اضافة الى مختلف دواعي التغير الذي تبثه تلك الوسائل ضمنيا أو جهرا في طيات ما تنقله من تصورات ورموز وشعارات .

٤ ـ أضف الى ذلك ايضا الجدل الجاري بين الباحثين أنفسهم حول المنهاجيات التي لم تبق محل تسليم وتصديق الا بصفة نسبية ، ذلك أن التوسع الباهر الذي شهدته العلوم الاجتماعية وأخرجها من حيز الجامعات وأقحمها في مناطق لم تكن تلعب دورا فيها مثل الدواوين الحكومية والمؤسسات العامة والخاصة والبنوك والشركات والبلديات والنقابات والتنظيمات المهنية التي اصبحت تضطلع بشيء من المسؤولية في البحث وتوجهه وتطرح عديد المشاكل الميدانية المعنية بل في بعض الحالات تقوم مباشرة بها أو تكوّن لها مكاتب دراسات خاصة الا أن هذا النوع من طلب النجدة ينقلب أحيانا الى عمليات تبرير ذاتي وملاءمة مع الواقع . . . والاهداف هنا والمنهاجيات المطروحة لها تجعل البحوث توظف الى سن سياسات مجتمعية محدودة ـ الى حدّ اننا اصبحنا نفرّق اصلا بين البحوث « الاجتماعية » والبحوث « المجتمعية » . والمنهاجيات بدورها تتأثر طبعا بذلك ـ ذلك أن الفرضيات التي تنطلق منها البحوث في تلك الصورة والاشكاليات أصبحت من تزويد الادارة وأصحاب القرار . والاعتبارات النظرية أقل ما تكون عندهم من الاهمية دون ان يعني ذلك غيابها التام ، بل آلت المنهاجيات الى مجرّد البحث عن تناغم ممكن بين الاهداف المتبعة وقدرة الواقع على تقبلها ونوعية القرارات المرجو اتخاذها . . . وقد ينقلب البحث الى المجاملات . . .

ولعل هذا الذي جعل مناهجية اللعب والمشاهد تحتل المكانة الفائقة التي نراها لانها تترك لاصحاب القرار اكثر عدد من فرص الاختيار حسب فرضيات معينة ونلاحظ هكذا انتقال نقاط التشديد من نوعية في طرح المشاكل الى نوعية أخرى . ففي حين كان علم الاجتماع يبحث في التضامن الاجتماعي على الطريقة الدركايمية أو الاسرة أو التربية اصبحت بحوث هامة تشدد على المؤسسات الراعية للضمان الاجتماعي والتعاون والتأمين حسب اصناف المجتمع من اجراء وبطالين وشيوخ وأرامل وعالين على العاش ومهاجرين وغيرهم - ذلك أن هذه البحوث العلمية من النوع العملي القابل للتطبيق السياسي هي التي تسن على ضوئها السياسات المجتمعية - والجدال قائم بين أهل الذكر ويدّعي بعض المتطرفين منهم أن هذه التهاجيات تمثل تنكرا للمنهاجيات الموضوعية العلمية لانها تحمل في طياتها اختيارا جوهريا يتمثل في نقل القرارات الخاصة باجراء البحث من الباحث الى المنتفع به والحارس على اجرائه فتغلب أهداف السلطة الساهرة على البحث والدافعة اليه وتصبح معيارا لنجاعة البحث وجدواه بكل معاني الكلمة ماديا وأدبيا وثقافيا وسياسيا .

٥ - ثم ان تدريس العلوم الاجتماعية - والتوسع البالغ فيه وخاصة في علمي الاجتماع والنفس - أحدث مشاكل اخرى اذ واكبه نقل المهاجيات من طور الوسائل المبتكرة لفهم مشاكل ما الى صناعة وحرفة تكرّس الآلية والتكرار - فأصبحت المهاجيات صنفين : صنف يوكل الى الباحثين الاكاديميين الذين يواكبون تطور البحوث نظريا وميدانيا ويجعلون من تلك المهاجيات خلقا مستمرا وابتكارا متواصلا للتقدم في فهم القضايا المطروحة وذلك بتوظيف ما أمكن من طرق يستقونها من شتى قطاعات المعرفة وعلى هؤلاء يرتكز التقدم العلمي ، وصنف آخر يكتفي بالقيام ببحوث حسب المهاجيات الناجحة أو المألوفة . وسبر الأراء كما يجري به العمل في الولايات المتحدة أو اوروبا أحسن مثال لذلك ، فالمطلوب هنا من المهاجية أن تتوصل في أقرب الآجال وبأقل تكلفة الى نتيجة ما ولو كانت تقريبية فتتقلص المهاجية هنا الى مجرّد وصفة ونلاحظ ان تدريس علوم الاجتماع انتقل في أكثر من حالة الى تلقين الى جملة من العمليات وبعض التفسيرات النظرية المواكبة لها فانحدرت بهذه الطريقة من مستوى المهاجية الى مستوى الثقافة المطبقة .

أضف الى هذه العوامل تحديات أخرى تعود أصلا الى تقهقر فكرة الشمول في البحث وأهمية تحديد مناطق المعرفة الراجع كل منها الى اختصاص معين والاهتمام المتزايد بالتأويل الاجتماعي لمستنتجات البحوث وهذه مشاكل أساسية طالما غضضنا عنها النظر ورجعت تطفو على سطح الاهتمامات المباشرة مما جعلنا اليوم نشعر بحاجة أكيدة ماسة لتقييم شامل لجميع المنهاجيات الاجتماعية بعين نقدية تراجع مبادىء العلوم الاجتماعية وتعيد النظر في أحوالها المنطقية في اطار تصور شامل لها .

وهذه الاتجاهات الجديدة تعيد الى الاذهان حقيقة كنا تناسيناها وهي أن العلوم - والعلوم الاجتماعية على وجه الخصوص - في حالة ذهاب واياب بين النظر والواقع . والمنهاجية ليست في نهاية الامر الا الطريق الرابطة بين مشاكل الواقع وتصور الباحثين والعلماء .

* * *

مسيرة الفيزياء على الحبل المشدود بين النظرية والتجربة (من نيوتن إلى آينشتاين وما بعد)

محمد علي لهمر

« الجسم لا يبدأ بالحركة أو يكف عنها من تلقاء نفسه » : العالم الإسلامي ابن سينا (٩٨٠ - ١٠٣٧) م .

« عندما نهتم بالعلماء العظماء وحياتهم نستطيع أن نتحمل العلوم . لكن عندما نتتبع تطور الافكار، تصبح العلوم ساحرة حقاً » : الفيزيائي البريطاني ماكسويل (١٨٣١ - ١٨٧٩) م .

المقدمة :

نقدم في الصفحات التالية عرضاً لتطور الافكار الفيزيائية منذ نيوتن (وما قبل قليلاً) الى آينشتاين (وما بعد). وقد كان هدفنا الأول هو متابعة الافكار وتطوراتها عبر الزمن من عالم لآخر - من بدايتها منذ قرون مضت الى آخر تطوراتها المعروفة حالياً . فالافكار كالاشخاص لا تبدأ كبيرة ، بل تبدأ صغيرة وغامضة وضعيفة . لكن ، مع مرور الزمن والتغذية المناسبة والتطوير بواسطة العقول العظيمة ، تنمو الفكرة وتكبر وتنضج وتقدم عطاءاتها الكثيرة في خدمة العلم والانسان .

ولم نكتف هنا بعرض الافكار وترابطاتها ، وهو أمر هام بالطبع ، ولكننا حاولنا ايضاً إعطاء ملاحظات مفيدة عن حياة العلماء ، الذين شاركوا في تطوير هذا العلم الكبير الواسع . فمن المعروف ، أنه لا يمكن فصل عمل العالم عن حياته تماماً . إن أحداث حياته تؤثر في إنتاجه العلمي ، كما يظهر مراراً في عرضنا .

نبدأ العرض بالقرن السادس عشر ، عصر النهضة ، حيث نتعرض لنماذج (كوبير نيكوس) و (كيبلر) عن حركة الأرض والكواكب في النظام الشمسي ، بعد ذلك نتطرق لأعمال (غاليليو)[1] في

(١) في هذا المقال نستخدم حرف (غ) ، أي (غين) لتمثيل لفظ الحرف (g) في اللغات الغربية وليس هناك التباس في ذلك ، إذ أن هذه اللغات لا تحتوي عادة على لفظ يقابل حرف (غين) في لغتنا العربية .

الميكانيك وحركة الاجسام الساقطة . استطاع (غاليليو) بابحاثه وعرض هذه الابحاث على الرأي العام بطريقة منطقية وشيقة تحرير الفيزياء الى حد كبير من هيمنة الافكار القديمة الخاطئة التي دعمتها الكنيسة في مجال الفلك والفيزياء .

ثم تتابع العرض في القرن السابع عشر ، عصر الازدهار الفيزيائي الأول ـ عصر نيوتن . نعرض قوانين نيوتن المعروفة في الميكانيك والثقالة . نتيجة هذه القوانين ، التي لا تزال تخدم في معالجة حركة الاجسام على المستوى العياني (macroscopic) حتى يومنا هذا ، استطاع هذا الفيزيائي العظيم أن يفسر سقوط الاجسام على الأرض وحركة القمر والكواكب في السماء . تقدم ايضا نظرية نيوتن عن الضوء ، وهي النظرية الجسيمية ، كما تقدم نظرية (هايغنز) الضوئية ، وهي النظرية الموجية . في هذه الحالة يتغلب الأخير على الأول .

في القرن التالي ، الثامن عشر ، تشهد الفيزياء ركودا عاما ، يتسم بالابتعاد عن الطبيعة الى حد ما والتركيز على المعالجات الفيزيائية الرياضية . لكن (كولومب) يكتشف هنا قانون التربيع العكسي حول التفاعل بين الشحنات الكهربائية .

وفي القرن التاسع عشر تنتعش الفيزياء من جديد (بعد فترة الهضم والاسترخاء التي سادت في القرن السابق) . ففي مجال الحرارة والغازات ، تؤدي التطورات الى مبدأ انحفاظ الطاقة (هيلمهولتز) والنظرية الحركية الاحصائية للغازات (ول وماكسويل) ، كما تنتصر النظرية الموجية للضوء (يونغ وفرينيل) وتتحدد سرعته .

ويبدأ في هذا القرن علم الاطياف الذرية (كيركوف) ، الذي أدى فيما بعد الى إكتشاف بنية الذرة . وفي هذا القرن ايضا ، توحدت الكهرباء والمغنطيسية في مجال واحد هو الكهرطيسية ، وذلك على أيدي (أمبير) و (فاراداي) بصورة خاصة . كما أدخل (ماكسويل) الضوء ضمن هذا المجال (الكهرطيسية) ايضا .

في القرن العشرين (وأواخر التاسع عشر) تؤدي الأبحاث في أطياف إشعاعات السطوح السوداء الى فرضية (بلانك) حول تكميم الاشعاع الضوئي . هذا العمل يترسخ في نموذج (آينشتاين) الفوتوني عن هذا الاشعاع . يقوم (تومسون) ايضا باكتشاف الالكترون ، كما يبدأ رذرفورد وبوهر بتحديد نموذج لبنية الذرة الهيدروجينية والذرات الاخرى . هذا النموذج يتطور تدريجيا الى نظرية ميكانيك الكم والميكانيك الموجي للجسيمات الدقيقة على ايدي دي برويلي ، وشرودينغر ، وهايزنبرغ ، وديراك ، وباولي .

ايضا تكتشف النواة الذرية (قلب الذرة) واشعاعاتها وتفاعلاتها المختلفة ـ على أيدي (بيكيريل) و (آل كيوري) و (رذرفورد) ، بصورة خاصة . وتتوضح البنية النووية للنوى المختلفة ، على انها تشكيل متوازن الى حد ما من البروتونات والنيوترونات . هذه التطورات تؤدي الى بناء المفاعل النووي (لانتاج الطاقة) بجهود (فيرمي) ، وايضا الى تفجير القنبلة النووية الأولى في التاريخ .

بعد ذلك ، نقدم بعض الافكار الرئيسية في نظرية النسبية . هذه النظرية العجيبة الغريبة (أينشتاين ، ١٩٠٥) تؤدي الى تعديلات في مفاهيمنا الاساسية ، كالزمن والطول والكتلة والطاقة ، فليس هناك كميات مطلقة ، بل إن النتائج نسبية تعتمد على سرعة الراصد .

وفي نهاية العرض ، نعطي لمحة عن بعض الانشطة الحديثة في مجالات الجزيئات والجوامد التي تشكل الهيكل الاساسي في فهمنا الحاضر للمادة وسلوكها . كما نقدم عرضا موجزا لموضوع الجسيمات الاساسية في الفيزياء ، التي تشكل « القطع » الاساسية في بنية الجسيمات العديدة التي نشاهدها ، هذا العرض يقودنا الى جسيم (الكوارك) الغريب حقا . وفي النهاية ، نتعرض لموضوع المنهجية الفيزيائية ، وهي الطريقة المتبعة للتوصل الى القوانين الفيزيائية المختلفة .

١ ـ القرن السادس عشر ـ بداية عصر النهضة العلمية :

بدأت النهضة العلمية والفنية في القرن السادس عشر ، إذ حدث في هذا القرن أن بدأ العلماء والمفكرون الأوربيون بالتحرر من تعاليم الكنيسة الكاثوليكية المتشددة وبالتقرب من الطبيعة ، ومحاولة فهم أسرارها بدون أفكار وشروط مسبقة . إنها بداية الانفتاح الفكري .

عاش في هذا القرن بعض عمالقة الفكر والفن من أمثال الفنان ـ المخترع (ليوناردو دافينشي) والفنان الموهوب (مايكل آنجيلو) ـ وفي العلوم والفلك كان هناك (كوبر نيكوس) و (كيبلر) وأخيرا الفيزيائي الفلكي (غاليليو) . سنرسم فيما يلي الخطوط العريضة للانشطة الفلكية والفيزيائية ـ التي تمت خلال هذا القرن .

١ ـ ١ : الفلك ـ نموذج (كوبر نيكوس) وقوانين (كيبلر) :

كان الفلك يختص في ذلك الوقت بصورة رئيسية بدراسة حركة الأرض والشمس والكواكب المعروفة عندئذ ، وهي المجموعة التي نسميها الآن بالنظام الشمسي وكانت النظرية السائدة عندئذ هي (نموذج المركز الأرضي) ، وهي نظرية تعود في أصلها الى العلماء اليونانيين القدامى ـ وحسب هذا النموذج ، فان الأرض ثابتة في مكانها ، في موقع ما في الفضاء ، وتدور حولها الشمس والكواكب المرصودة . وليس هنا المكان المناسب للتوسع في تفاصيل هذا النموذج ، لكنه استطاع أن يقدم تفسيرا لبعض الظواهر المعروفة ، مثل حركة الشمس اليومية ودوران القبة السماوية في الليل وغيرها .

لكن هذا النموذج بدا غير مقنع من عدة جوانب . فمن الوجهة البديهية الحسية ، كان يصعب التصديق بأن الشمس الضخمة ، العملاقة هي التي تدور حول الأرض الصغيرة مع أن المنطق الحسي يوحي بعكس ذلك ومن ناحية فنية محضة ، فإن النموذج أعطى تفسيرات وشروحات معقدة جدا لحركة الكواكب . ففي هذا النموذج ، لم تظهر أية منهجية واضحة يقبلها العقل الإنساني ، في عصر الانفتاح ، لحركة هذه الكواكب .

قام الفلكي البولندي ـ الألماني نيكولاس كوبر نيكوس (١٤٧٣ ـ ١٥٤٣) بتقديم نموذج بديل للنظام الشمسي . النموذج الجديد يدعى « نموذج المركز الشمسي » ، وفيه يفترض أن الشمس ثابتة . في موقع ما في الفضاء ، وأن الأرض والكواكب الأخرى تدور في مدارات (دائرية) مختلفة حول الشمس وقال (كوبر نيكوس) بأن الأرض كروية الشكل وتدور حول محورها في نفس الوقت الذي تدور فيه الشمس . وبهذا استطاع أن يفسر ، ليس فقط حركة الشمس اليومية ،بل أيضا الحركات الاهتزازية[٢] الظاهرية للكواكب وأسباب الفصول والمواسم السنوية . إن هذه الحركات الاهتزازية ، حسب (كوبر نيكوس) ، هي ظاهرية فقط وليست حقيقية ، وتعود الى أننا نشاهد ونرصد هذه الاجسام من أرض متحركة . إن حركة الأرض المدارية حول الشمس تهمل حركة الكواكب ، البسيطة في الأصل ، تبدو معقدة حقا .

النموذج الذي طرحه (كوبر نيكوس) قدم الإطار الفكري والفلسفي لطريقة جديدة في معالجة النظام الشمسي . لكن النموذج كانت تنقصه الصيغة الرياضية الكمية . هذا النقص قام بتعويضه الفلكي (كيبلر) الذي عاش في الفترة (١٥٧١ ـ ١٦٣٠) . عمل (كيبلر) لفترة كمساعد للفلكي التجريبي الدانمركي (تايكوبراهي) ، الذي قام برصودات تفصيلية ودقيقة عن حركات الكواكب . ولم يكن (كيبلر) يحب القيام بالتجارب بنفسه ، بل كان يحب الرياضيات بما فيها من أشكال هندسية وأرقام ونظريات .

عكف كيبلر على دراسة نتائج براهي المسجلة عن حركة الكواكب ، وخصوصا كوكب (المريخ) ، وعلى محاولة تفسير هذه الحركات على أساس نموذج (كوبر نيكوس) الذي كان (كيبلر) قد درسه بالتفصيل . وبعد سنوات طويلةمن المحاولات استطاع (كيبلر) ، بداية من عام (١٦٠٩) ، أن يعطي الصيغة الرياضية التي تعبر عن حركة الكواكب . هذه هي قوانين (كيبلر) الثلاثة

<u>الأول</u> ـ كل كوكب يدور حول الشمس في مدار هو قطع ناقص ، وتقع الشمس في إحدى بؤرتي هذا القطع .

<u>الثاني</u> ـ نصف القطر الذي يصل الشمس بالكوكب ويدور مع الكوكب ، يغطي مساحات متساوية في أزمنة متساوية .

<u>الثالث</u> ـ بمقارنة الكواكب مع بعضها البعض ، فإن مربع الدور (الزمن الدوري) لحركة الكوكب يتناسب طردا مع مكعب نصف المحور الرئيسي لمدار هذا الكوكب .

هذه القوانين الثلاثة أقنعت ، مع مرور الزمن ، معظم الفلكيين في تلك الفترة بصحة النموذج الجديد ، وأدت الى قلب النموذج اليوناني القديم . لكن محاولة تعميم هذه النتائج الى أوساط الرأي العام أدت الى صراعات مريرة مع الكنيسة استمرت لقرون عديدة .

---

(٢) ـ الحركة الاهتزازية تعني التغير الدوري في بعد الكواكب عن الأرض ، إذ يبتعد الكوكب عن الأرض أحيانا ثم يعود ليقترب منها ، وهكذا بشكل دوري .

١ ـ ٢ : الميكانيك ـ (غاليليو) وحركة الأجسام الساقطة :

لم يتطور علم الميكانيك كثيرا منذ زمن العالم اليوناني أرخميدس وحتى القرن السادس عشر لكن هذا القرن شهد اهتمامات عديدة في علم (الإستاتيك) أو علم التوازن وفي علم الديناميك (الحركة) . لقد جرت هناك دراسات عن الحركة وعن القوى التي تسببها ، وعن الطريقة التي تعالج بها القوى المتعددة .

ويمكن أن نحدد بداية علم الميكانيك الحديث بأعمال الفيزيائي العظيم الرائد غاليليو غاليلي الذي عاش في الفترة (١٥٦٤ ـ ١٦٤٢) ـ نفس فترة كيبلر تقريبا . درس غاليليو الطب ، ثم تحول بعد ذلك الى دراسة الرياضيات والفيزياء . بعد تخرجه ، عمل غاليليو أستاذا في عدة جامعات إيطالية ، منها جامعات (بيزا) و (فلورنس) و (بادوا) .

كان غاليليو من الانصار الأقوياء لنموذج كوبر نيكوس عن النظام الشمسي . وبنى تلسكوبا بسيطا (كان الأول من نوعه في إيطاليا) لتضخيم صور الأجسام البعيدة . ووظف هذا الجهاز لمشاهدة سطح القمر ، حيث اكتشف الجبال والحفر الموجودة على السطح ، كما رصد الكوكب الضخم ، المشتري ، واكتشف وجود عدة أقمار تدور حوله . ورصد سطح الشمس ، من خلال الجهاز ، حيث اكتشف وجود البقع الشمسية هناك .

وفي الميكانيك ، قام غاليليو بأعمال هامة ، شكلت حجر الأساس لدراسات وتطورات لاحقة . نذكر منها ما يلي :

الأجسام الساقطة الحرة : برهن غاليليو على أن الأجسام الساقطة (من برج عال ، مثلا تكتسب نفس السرعة ، بغض النظر عن أوزانها ، مع تجاهل تأثير الهواء . واستنتج أن الاجسام جميعها تتسارع نحو الأسفل بنفس المقدار . ويبدو أن (غاليليو) قد أعاد هذا التجربة مرارا من برج (بيزا) المائل ، وأمام حشد من أساتذة الجامعة وطلبتها ، وذلك من أجل كسب المعركة ضد معارضيه العديدين .[٣]

الحركة ذات التسارع المنتظم : قام (غاليليو) بتجارب عديدة على حركة الأجسام على السطوح المائلة ، حيث يكون التسارع (العجلة) منتظما . وأثبت أن المسافة التي يقطعها الجسم تتناسب طردا مع مربع الزمن الذي ينقضي منذ بداية التجربة .

حركة القذائف : كان غاليليو أول من أثبت أن المسار الذي تأخذه قذيفة (projectile) هو على شكل قطع مكافىء (parabola) . لقد توصل الى هذه النتيجة باعتبار أن الحركة هي تراكب (Superposition) بين حركتين بسيطتين : حركة منتظمة في الاتجاه الأفقي ، وحركة سقوط حرّ في الاتجاه الشاقولي (الرأسي) .

---

(٣) ـ مرجع (٣) ـ ص : ٣٥ ـ ٣٨ .

حركة النواس : لقد لفتت هذه الحركة انتباه (غاليليو) في وقت مبكر من حياته ، عندما كان يصلي في الكاتيدرائية في مدينة (بيزا) . لقد لاحظ أن المصباح الكبير المعلق في السقف كان يمضي في حركة اهتزازية ، بعد أن يضاء ويترك حرا . وقام بقياس دور الحركة بواسطة « الساعة » الطبيعية الموجودة معه ، أي نبضات قلبه . وجد (غاليليو) أن الدور لا يتغير حتى عندما تبدأ الحركة بالتلاشي والخمود وتقل سعة الاهتزاز . وبرهن أيضا على أن الدور لا يعتمد على الوزن ، وأن (الدور) يتناسب مع الجذر التربيعي لطول النواس . هذه الأفكار طورت بعد ذلك بسنوات ، من قبل العالم الهولندي (هايغنز) ، في صنع ساعة نواسية لقيت قبولاً واسعا كأول أداة يمكن الاعتماد عليها لقياس الزمن .

إن معظم أفكار ودراسات وأبحاث (غاليليو) في الميكانيك ظهرت في كتابه التاريخي المعروف « عن علمين جديدين On Two New Sciences » . هذا الكتاب نُشر في هولندا ، وليس في ايطاليا ، في عام (١٦٣٨) ، أي قبل وفاته بسنوات قليلة . ويعتبر هذا الكتاب بحق من أعظم وأهم أعماله العلمية . وإلى (غاليليو) يعود الفضل بالإصرار دوما على إجراء التجارب لاختبار النظريات والأفكار . لم يكن يكتفي ، مثل أسلافه ، بالاعتماد على النتائج الفكرية (النظرية) فقط . كما أنه لعب دورا كبيرا في تحرير العلوم الطبيعية من الهيمنة التي فرضها العلماء اليونانيون القدامى ، وخصوصا أرسطو ، والتي أيدتها الكنيسة بقوة في ذلك الوقت . وقد تعرضت آراء غاليليو الجديدة ، وبخاصة ما يتعلق منها بالأمور الفلكية للكثير من النقد والمحاكمة وحتى الاضطهاد من قبل الكنيسة .

كما كان (غاليليو) من أوائل الباحثين الذين استعملوا الطريقة الرياضية في التعبير عن النتائج الفيزيائية . لقد كان يصر على أن الرياضيات هي اللغة المناسبة للطبيعة ، وأن الفهم الكامل للظواهر الفيزيائية يعتمد على ترجمة التجارب الوصفية إلى تعابير كمية [٥] .

١ - ٣ : الكهرطيسية :

يمكن القول بأن علم الكهرطيسية قد بدأ بأعمال العالم الانجليزي « ويليام جيلبرت » الذي عاش في الفترة (١٥٤٠ - ١٦٠٣) ، وهي الفترة التي عاش فيها غاليليو على وجه التقريب . درس (جيلبرت) في جامعة (كيمبريدج) وعمل في البداية كطبيب ، حيث كان ناجحا جدا لدرجة أنه اصبح الطبيب الخاص للملكة .

تحولت اهتمامات جيلبرت إلى الفيزياء حيث أجرى تجارب عديدة في مجال الكهرطيسية . وفي عام (١٦٠٠) نشر كتابه الشهير « المغنطيس DeMagnete » ، الذي اشتمل على عدد كبير من الحقائق والتجارب والأفكار . قام جيلبرت بتجارب عديدة في الكهرباء وخصوصا على مادة (الكهرمان) المشحونة بطريقة الاحتكاك . وكان أول من استعمل التعابير (القوة الكهربائية) و (التجاذب الكهربائي) كما أجرى جيلبرت تجارب على الإبرة المغنطيسية

---

(٥) - مرجع (٢)- ص · ٤٤ - ٤٥

وتوجهها الى الشمال . وكان أول من استعمل التعبير (القطب) فيما يخص طرف الإبرة . ثم استنتج ، بطريقة «تفكيرية» ، أن الأرض لابد أن تكون «إبرة مغنطيسية ضخمة» .

كان (جيلبرت) من مؤيدي نموذج كوبر نيكوس ، وحاول في كتابه أن يقدم أدلة جديدة على صحة هذا النموذج . كما لاحظ ، ربما للمرة الأولى في التاريخ ، أن الخواص المغنطيسية للأرض تعني أن هذه تلف حقا حول محورها ، كما افترض كوبر نيكوس .

وجه جيلبرت انتقادات شديدة ولاذعة لمن سبقه من العلماء ومما قاله : (الفلاسفة الحديثون يجب أن يتجنبوا التعليم الذي يأتي من الكتب فقط ، والذي يستند فقط إلى الجدل الغروري والحدس . . . على الرجال الأذكياء أن يستندوا إلى الحقائق وإلى التجربة .[٢]

٢ ـ القرن السابع عشر :

استمر الانتعاش العلمي الذي بدأ في القرن السابق ، وشمل انجلترا وجميع انحاء أوروبا ، ما عدا ألمانيا التي شهدت صراعات سياسية ودينية مريرة خلال النصف الأول من هذا القرن كما شهدت إيطاليا انتكاسا في أعقاب محاكمات الكنيسة لغاليليو ، مما أدى إلى إضعاف الحركة العلمية في ذلك البلد .

ومن العلماء الذين لعبوا أدوارا رئيسية في الحركة العلمية خلال هذا القرن نذكر : توريشيللي (إيطاليا) ، باسكال وديكارت (فرنسا) ، وبويل ، هوك ، هالي ، ونيوتن (انجلترا) ، وأخيرا هايغنز (هولندا) .

٢ ـ ١ الميكانيك والفلك ـ قوانين (نيوتن) في الميكانيك والثقالة (الجاذبية) :

حظي علم الميكانيك باهتمام بالغ بين العلماء في القرن السابع عشر . فبعد أعمال غاليليو المدهشة حول حركة القذائف ، كانت هناك حاجة إلى فهم شامل لحركة الأجسام العادية بالقرب من سطح الأرض ، كما كانت هناك حاجة لفهم حركة الأجرام السماوية مثل حركة القمر حول الأرض وحركة الكواكب حول الشمس . ورغم إسهامات العلماء العديدين في هذا الموضوع فإن الفضل الأول في تحقيق الانتصار الكبير يعود إلى العالم الانجليزي (نيوتن) .

عاش اسحاق نيوتن في الفترة (١٦٤٢ ـ ١٧٢٧) ، حيث ولد في نفس العام الذي توفي فيه غاليليو . درس نيوتن في جامعة كيمبريدج ، وكان على اطلاع تام على أعمال كبلر وغاليليو وغيرهما . وتوصل نيوتن إلى نتائج هامة في الرياضيات والميكانيك والفلك في عام ١٦٦٦ (أو حتى قبل ذلك) ولكنه تأخر لسبب ما في نشر هذه النتائج أكثر من عشرين عاما ، حيث نشرت لأول مرة في كتابه الشهير «المبادىء الرياضية للفلسفة الطبيعية Principia Mathematica» في عام ١٦٨٧ . وفي هذا العمل العظيم ، قدم نيوتن قوانينه الثلاثة عن الميكانيك ، كما قدم قانونه عن التجاذب التثاقلي الكوني (Universal gravitation) .

---

(٢) ـ مرجع (٣) ـ ص : ٤٩

قوانين نيوتن الثلاثة عن الميكانيك هي الآتية :

الأول : كل جسم يحتفظ بحالة السكون أو يسير في حركة منتظمة في خط مستقيم ، إلا إذا أجبر على تغيير تلك الحالة من قبل قوى مؤثرة .

الثاني : معدل التغير في الاندفاع (كمية الحركة momentum) يتناسب مع القوة المؤثرة ، ويكون في اتجاه هذه القوة . (أو القوة المؤثرة على الجسم تساوي الكتلة × التسارع) .

الثالث : رد الفعل يساوي الفعل في المقدار ويعاكسه في الاتجاه ، أي أن تأثيري جسمين على بعضهما البعض متساويان دائما ومتعاكسان في الاتجاه .

القانون الأول يدعى أحيانا بقانون (العطالة inertia) إذ أنه يظهر أن الجسم يفضل أن يحتفظ بحالته الطبيعية ، الا إذا أجبر على التغيير . يبدو أن القانونين الأول والثاني كانا معروفين من قبل لغاليليو وهايغنز وغيرهما .[٦] أما القانون الثالث فيعود الفضل فيه إلى نيوتن وحده إذ أن الذين سبقوه لم تكن لديهم فكرة واضحة عن هذا الموضوع ، وعن قوى التفاعل بين الأجسام .

وعلى كل حال فإن الفضل يجب أن يعطى لنيوتن للوضوح الذي وضع فيه كل هذه القوانين وبالانسجام المنطقي الموجود بين هذه القوانين ، خصوصا وأنه أبرز الدور الواضح الذي تلعبه القوى في تغيير الحركة ، وهو المجال الذي يعرف الآن بعلم « الديناميك Dynamics » . كما أن نيوتن أبرز دور الكتلة في القانون الثاني ، حيث أن الاندفاع يساوي الكتلة × السرعة وكان أول من وضح الفرق بين الوزن والكتلة والعلاقة بينهما (بواسطة القانون الثاني)

إن قوانين (نيوتن) لا تزال تشكل المعادلات الرئيسية التي تصف حركة الأجسام العادية حتى يومنا هذا . إنها حقا الأساس لعلم الميكانيك في فروعه المختلفة .

إضافة إلى قوانين الميكانيك ، قدم نيوتن في كتابه ما سمي بقانون التجاذب الثقالي الكوني (Universal law of Gravitation) . وهذا القانون في صيغته الحالية يقول الآتي : إن أي جسمين يتجاذبان فيما بينهما بقوة تتناسب طردا مع مضروب الكتلتين وعكسا مع مربع المسافة بين الجسمين . أي أن القوة تتناسب مع الكتلة الأولى × الكتلة الثانية / مربع المسافة ، ويكون اتجاه هذه القوة على الخط المستقيم بين الجسمين . وتعرف هذه العلاقة بقانون التربيع العكسي .

وقد تمكن نيوتن ، بعد اكتشافه هذا القانون ، من شرح عدة ظواهر طبيعية هامة كانت مثار اهتمام العلماء في ذلك العصر . ونورد فيما يلي بعض الملاحظات حول هذا الموضوع :

(٦) - مرجع (٣) - ص : (٥٧) .

١ ـ التسارع الجاذبي (الثقالي) عند سطح الأرض : استطاع نيوتن أن يشرح ثانيا بتسارع جسم ما شاقوليا عند سطح الأرض . واستطاع باستخدام القانون الثاني وقانون التجاذب الثقالي أن يحسب قيمة التسارع الثقالي على سطح الأرض بواسطة كتلة الأرض ونصف قطرها . ووجد نفس القيمة التجريبية التي كان قد توصل إليها غاليليو وغيره سابقا (أي حوالي ٩٫٨ مترا / ثانية × ثانية) .

٢ ـ دوران القمر حول الأرض : تمكن نيوتن من إعطاء شرح واف لدوران القمر حول الأرض . الأرض تشد القمر نحوها بواسطة القوة الثقالية . وهذه القوة ضرورية لأن القمر في حركته الدائرية يتسارع باستمرار نحو الأرض بتسارع يدعى التسارع المركزي (Centripetal acceleration) . وقوة الجاذبية ضرورية لتأمين هذا التسارع كما يتطلب قانون (نيوتن) الثاني هذا التسارع المركز ، في الحركة الدائرية ، اصبح واضحا (لنيوتن) فقط بعد تفكير طويل حول الموضوع .

٣ ـ دوران الكواكب حول الشمس : قام نيوتن بتطبيق قانون الجاذبية والقانون الثاني على حركة الكواكب حول الشمس التي تشد الكواكب نحوها واستطاع أن يثبت رياضيا صحة جميع قوانين (كبلر) ، بما فيها القانون الثالث ، الذي يعبر عن العلاقة بين الدور ونصف قطر المدار (انظر الجزء ١ ـ ١) .

قال أحد مؤرخي العلوم عن عمل نيوتن في قانون الجاذبية : في اللحظة التي برهن نيوتن هذه النظرية الرائعة (التي كانت غير متوقعة) أصبحت ميكانيكية الكون واضحة وعرضة أمامه [7] .

لكن قانون الجاذبية ينطوي على مفهوم التأثير عن بعد (Action at adistance) فالأرض مثلا تطبق قوة على القمر حيث تنتقل القوة في الفراغ الكامل (بدون أي وسيط) وبسرعة لا نهائية . هذا المفهوم أزعج نيوتن كثيرا في وقته ، ولا يزال يزعج الكثير من الفيزيائيين حتى في يومنا هذا .

ويمكن أن نختم حديثنا عن إسهامات (نيوتن) في الميكانيك والثقالة بالآتي[8] : رغم الإبداعية والعمق والتنوع في أعمال غاليليو وغيره من العلماء ، فإن معظمه كان متعلقا بأنواع خاصة من الحركة . أما عمل نيوتن فيختلف عن ذلك كثيرا . إنه ينطبق على جميع الحركات وجميع الاجسام ، سواء أكانت على الأرض أم في السماء . إن عمله لا يزال جملة وتفصيلا الأساس في علم ديناميك الأجسام . إن نظرية نيوتن الشاملة في الميكانيك والفلك تعرف الآن بالتركيب النيوتوني الكبير (Great Newtonian Synthesis) .

٢ ـ : الضوء والبصريات (نيوتن وهايغنز) :

شهد علم الضوء والبصريات تطورات هامة خلال القرن السابع عشر . فقد اكتشف العالم الهولندي سنل (Snell) حوالي ١٦٢٢ قانون الانكسار (refraction) ، حيث ينحرف الشعاع الضوئي عند انتقاله من وسط إلى

---

(٧) ـ مرجع (٤) ـ ص : ١٥٣
(٨) ـ مرجع (٨) ـ ص : (٦١)

آخر . وبعد حوالي عشر سنوات أعاد العالم الفرنسي المعروف ديكارت صياغة هذا القانون ووضعه بشكل أكثر بساطة . عزا ديكارت سبب الانحراف إلى اختلاف سرعة الضوء بين الوسطين ، وهو تفسير صحيح بصورة عامة ، رغم أن ديكارت أخطأ في التفاصيل .

كما كانت هناك عدة محاولات جادة لقياس سرعة الضوء في الفراغ (أو الأثير كما كان يعتقد) ، بداية من محاولات غاليليو نفسه حول هذا الموضوع . قبل ذلك ، كان الاعتقاد يسود بأن الضوء ينتقل بسرعة لا نهائية . وبعد محاولات متعثرة ، اقترح غاليليو أن سرعة الضوء يمكن قياسها من مشاهدة الأقمار التي تدور حول كوكب المشتري ، وتغير زمن انتقال الضوء منها (الأقمار) إلى الأرض بين مشاهدة وأخرى . وقد أجرى العالم الدانمركي « أولاف رومر » (١٦٤٤ ـ ١٧١٠) هذه التجربة بنجاح ، وتمكن من الوصول إلى قيمة مقبولة للسرعة حتى في هذه الأيام .

لكن التطور الأهم بخصوص الضوء تحقق على يدي العالم الهولندي الفذ (كريستيان هايغنز) (١٦٢٩ ـ ١٦٩٥) . درس هايغنز في نفس الجامعة التي كان سلفه سنل قد عمل فيها (جامعة ليدين ، هولندا) . وبعد أن ذاع صيته وهو لا يزال في العشرينات من عمره دعاه الملك الفرنسي لويس الرابع عشر ليقيم في باريس ، حيث عاش وعمل هناك من ١٦٦٦ إلى ١٦٨١ .

درس هايغنز ، الذي عاصر نيوتن ، وبحث في مواضيع كثيرة منها الميكانيك والفلك وغيرها ، ولكنه ترك أثره الخالد في مجال الضوء : لقد وضع حجر الأساس للنظرية الموجية (Wave theory) للضوء . ومع أن العالم الانجليزي هوك كان قد سبقه إلى بعض التصورات عن هذه النظرية (عام ١٦٦٥) ، إلا أن هايغنز كان الأول في وضع صورة واضحة وجلية لهذه النظرية . وحسب مبدأ هايغنز فان الضوء ينتشر في الفراغ (الأثير) كموجة متنقلة ، مثل الموجات المائية . فالموجات الضوئية يمكن أن تنبع من مصدر الاهتزاز ، ثم تنتقل كأمواج كروية أو سطحية ، حيث أن للموجة مقدمة (Wavefront) واضحة في كل لحظة . ويمكن اعتبار كل نقطة من هذه المقدمة كمصدر جديد ينشر الموجات الثانوية (مويجات) في جميع الاتجاهات (شكل ١) . وإذا قمنا بتركيب شده (المويجات) الصادرة من جميع هذه المصادر الثانوية فإننا نحصل على المقدمة الجديدة للموجة وهكذا تنتقل مقدمة الموجة ويتغير شكلها من مكان إلى آخر . وبالطبع ، حسب اعتقاد هايغنز فإن المصادر الثانوية المهتزة هي الجزيئات في هذا الوسط الغريب ، أي الأثير .

وقد استطاع هايغنز ، عن طريق استخدام مبدئه هذا ، أن يشرح ظاهرة الانكسار الضوئي التي عزاها إلى اختلاف سرعات الموجات الضوئية بين الوسطين . استطاع كذلك أن يشرح ظاهرة الانكسار المزدوج (double refraction) في بعض الأجسام البلورية . لكن هايغنز لم يستطع أن يقدم تفسيرا للظاهرة الواضحة بأن الشعاع يسير في خط مستقيم ، على ما يبدو ، ولا ينحرف عند الزوايا ، كما هو متوقع من الموجات . كما أنه لم يستطع معالجة الألوان الضوئية ، التي كانت معروفة آنئذ ، أو ظاهرة الاستقطاب (Polarization) . بل إنه كان يعتقد أن الضوء موجة طولية (Longitudinal) ، كما هو الحال في الموجات الصوتية .



(شكل ١)

اليسار ـ انعكاس وانكسار الضوء ، حسب مبدأ (هايغنز) . الموجة الساقطة تأتي من الأعلى في الوسط الهوائي وتنعكس جزئياً عند السطح الزجاجي . الموجة تنكسر جزئياً وتدخل الوسط الزجاجي حيث تسير بسرعة أقل ، ومن ثم تغير اتجاهها . اليمين ـ صورة الانعكاس والانكسار ضوئي

قدم هايغنز نظريته الضوئية للمرة الأولى في محاضرة أمام الجمعية العلمية الفرنسية في عام ١٦٧٨ ، حيث حضر المحاضرة العالم الألماني رومر والايطالي كاسيني وغيرهما . وقد نشرت النظرية بالتفصيل في كتابه « بحث عن الضوء » في عام ١٧٠٤ . ورغم بعض عيوبها الواضحة ، فقد لقيت النظرية استحسانا وقبولا واسعين منذ الوهلة الأولى ، لكنها أهملت لفترة طويلة بعد ذلك بسبب معارضة نيوتن لها .

لقد بحث نيوتن في مجال الضوء في الفترة الأولى من حياته العلمية (حوالي ١٦٦٤) . وقام بصقل وإعداد موشورات وعدسات من نوعيات زجاجية جيدة لإجراء التجارب عليها . وبالنسبة للموشور ، فإن الشعاع الضوئي الأبيض (من الشمس ، مثلا) لا ينحرف فحسب في الموشور ، بل إنه يتحلل إلى أشعة جزئية من ألوان مختلفة ومتدرجة من الأحمر إلى البرتقالي إلى البنفسجي (شكل ٢) هذه الظاهرة كانت معروفة قبل ذلك بزمن طويل ، لكن الآراء اختلفت في تفسيرها . أحد هذه الآراء اعتبر ، مثلا ، أن اللون الأحمر يمثل شعاعا « ثقيلا » لا يستطيع الانحراف كثيرا ، في حين أن البنفسجي يمثل شعاعا « خفيفا » ، ومن ثم ، فهو ينحرف بسهولة .



(شكل ٢)
تحليل ، أو تحلل ، الضوء الأبيض إلى الألوان الأساسية ، من الأحمر إلى البنفسجي وذلك بواسطة الموشور .

وقد أعطى نيوتن هذه الظاهرة التفسير الصحيح ، وهو أن اللون الأبيض ليس لونا أساسيا وإنما هو تراكب من الألوان المختلفة . وعندما يدخل الشعاع في الموشور ، فإن الألوان المختلفة تنحرف بمقادير مختلفة ، تبعا لتأثيرات الزجاج المختلفة عليها (ظاهرة التشتت ـ Dispersion) كما أجرى نيوتن التجارب على العدسات وحصل على ما يعرف بـ « حلقات نيوتن » . كما أنه أجرى تجارب أدت إلى اختراع تلسكوب الانعكاس .

أما عن طبيعة الضوء ، فقد قدم نيوتن طرحا مختلفا تماما عن طرح هايغنز . لقد قدم نيوتن ما يعرف باسم النظرية الجسيمية (Corpuscular Theory) للضوء . وتقول هذه بأن الضوء يتألف من جسيمات ضوئية صغيرة تصدر من المصدر وتنتشر في جميع الاتجاهات . وتنتشر الجسيمات بخطوط مستقيمة ، كما هو متوقع من حركة الجسيمات . وشرح نيوتن ظاهرة الانكسار باختلاف التفاعل (التأثير) على الجسيمات من قبل الوسطين . فإذا كان

تأثير الوسط الثاني أقوى ، فإنه يجذب الشعاع نحوه أكثر ويسبب الانحراف . كما أنه فسر بسهولة المسار الضوئي المستقيم وعدم الانحراف عند الزوايا .

لكنه وجد صعوبة كبيرة في شرح ظهور الانعكاس والانكسار ، معا بين وسطين (الهواء والزجاج ، مثلا) في آن واحد . فكيف تنعكس وتنكسر الجسيمات الضوئية عند السطح الفاصل في آن واحد ؟ إن الاقتراح الذي قدمه نيوتن بدا مصطنعا وغير مقنع بتاتا .

كان نيوتن على دراية كاملة بنظرية هايغنز الموجية ، لكنه استبعدها للأسباب التي ذكرت أعلاه (سير الشعاع في خط مستقيم ، وعدم الانحراف عند الزوايا) هذا مع أنه كان لديه شعور قوي بأن ظاهرة الألوان وظاهرة الحلقات الضوئية التي حصل عليها كانت تؤيد بالفعل النظرية الموجية . لكن نيوتن كان يدرك أن النظرية الموجية تتطلب وجود وسط لنقل الأمواج الضوئية في الفراغ (أي وسط الأثير) ، وهي فكرة لم يكن مرتاحا لها .

نشر نيوتن نظريته الضوئية في مجلة علمية حوالي عام ١٦٧٠ وهي مفصلة في كتابه الشهير (البصريات ـ Optics) الذي نشر في عام ١٧٠٤ . لكن النظرية واجهت معارضة شديدة في الحال من قبل هايغنز وهوك وغيرهما . وقد ولدت هذه المعارضة شعورا بالإحباط لدى نيوتن جعله يتشكى إلى هالي وليبنتز وغيرهما من الأصدقاء[٩] .

ولكن رغم المعارضة ، فإن نظرية نيوتن هي التي كان لها أن تسود خلال القرن الذي عاش فيه والقرن التالي ، وجزء من القرن التاسع عشر . وكما سنرى ، فإن النظرية الموجية شهدت بعثا جديدا في القرن التاسع عشر ، ليأتي بعده القرن العشرون ويرد بعض الاعتبار للنظرية الجسيمية

٢ ـ ٣ : الغازات (قانون بويل)

في عام ١٦٤٣ اقترح العالم الايطالي «توريشيلي» أننا نعيش في أسفل «بحر عميق من الهواء» ، وقال بأن وزن هذا الهواء يطبق ضغطا علينا وعلى الأشياء من حولنا . واخترع جهازا لقياس الضغط سماه البارومتر ، وهي كلمة يونانية تعني مقياس الضغط .

بعد ذلك قام العالم الانجليزي «روبرت بويل» (١٦٢٧ ـ ١٦٩١) بتجارب عديدة على الغازات حيث استطاع أن يغير الضغط باستخدام مضخة جديدة في ذلك الوقت . وفي عام ١٦٦٢ أعلن القانون المعروف باسمه ، والذي يقول إن مضروب الضغط والحجم (لكمية من الغاز) يبقى ثابتا ، إذا بقيت الحرارة ثابتة ، أو بكلام آخر ،

---

(٩) ـ توصل (نيوتن) الى نتائج هامة في كل من مجال الميكانيك والبصريات قبل أو خلال عام (١٦٦٦) . لكنه تأخر كثيرا في نشر النتائج (كتاب (المبادىء) نشر في ١٦٨٦ ، وطبعت طبعته (عام) وكتاب (البصريات) نشر في عام (١٧٠٤) . ولايزال السبب في هذا التأخير غامضا إلا أنه أدخل نيوتن في مجادلات ساخنة عنيفة مع زملائه حول الأحقية في الاكتشاف عندما قدم نيوتن قانونه عن التجاذب الثقالي ادعى زميله هوك في الحال أنه هو المكتشف الحقيقي لهذا القانون ولم يكن من السهل إثبات الحقيقة في هذا الزعم إلا أن المرجح أن نيوتن اكتشف هذا القانون مرارا مع هوك قبل الاعلان عنه كان هوك كذلك من المعارضين الأشداء لنظرية نيوتن الضوئية ونتيجة لهذه الخلافات ، فقد نشب عداء طويل بين هذين العالمين الانجليزيين . (انظر مرجع (٣) ، ص : ٦٨ ـ ٦٩ .

إن الضغط يتناسب عكسا مع الحجم والعكس بالعكس . هكذا ، إذا مددنا كمية من الغاز إلى ضعف حجمها فإن ضغطها ينخفض إلى النصف إذا لم تتغير درجة الحرارة خلال العملية .

وقد قدم كل من « نيوتن » و « هوك » شرحا وصفيا لهذا القانون على أساس النموذج الحركي للغازات .

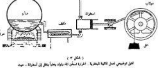
٣ - القرن الثامن عشر - عصر الركود

لم يحصل تقدم كبير في الفيزياء في القرن الثامن عشر ، على عكس القرن الذي سبقه والذي ضم أعمال عمالقة الفيزياء من أمثال « غاليليو » و « هايغنز » و « نيوتن » . مع ذلك ففي القرن الثامن عشر حافظت الفيزياء على مكاسبها السابقة إلى حد كبير ، مع حدوث شيء من التراجع في بعض المجالات .

وقد تحققت بعض المكاسب في مجال الفيزياء الرياضية في هذا القرن حيث عمل بعض العمالقة من أمثال « لابلاس » و « أويلر » و « لاغرانج » وغيرهم .

ففي مجال الميكانيك تمت معالجة قوانين نيوتن بطريقة رياضية جديدة لتأخذ صيغة عامة ومتجانسة ، تعرف باسم (معادلات لاغرانج) . أيضا قام « أتوود » بإجراء تجارب على نظم فيزيائية تنطوي على أثقال وبكرات ، وبذلك استطاع أن يتحكم بمقدار التسارع في النظام الفيزيائي . هذه الأعمال ، التي لا نزال نعيدها اليوم في محاضراتنا الجامعية ، كان لها أثر كبير في توضيح قوانين « نيوتن » الميكانيكية .

وفي مجال الضوء ، أهملت النظرية الموجية تماما وسادت نظرية نيوتن الجسيمية رغم أبحاث وكتابات الفيزيائي الرياضي الشهير « أويلر » ، الذي كان يؤيد النظرية الموجية



(الشكل ٣)

التمثيل التوضيحي لعمل الآلة البخارية . الحرارة تسخّن الماء وتولد بخاراً ينتقل إلى أسطوانة ، حيث يؤدي تغير ضغط ودرجة الحرارة في البخار إلى تحريك مكبس . حركة المكبس تؤدي إلى دوران دولاب يؤدي بدوره إلى رفع حمل . النتيجة النهائية لهذا النظام هي تحويل الحرارة إلى شغل ميكانيكي .

وفي مجال الحرارة اخترعت موازين الحرارة (Thermometers) بأنواعها المختلفة وسلالمها المتعددة من الفيرنهايت إلى السيلزيس . كما أجرى الفنى السكوتلندى جيمس واط (١٧٣٦ ـ ١٨١٩) تجارب ناجحة وجديدة على الآلة البخارية ، التي لعبت دورا أساسيا في الثورة الصناعية في أوربا . وتعرف العلماء على موضوع الحرارة النوعية والحرارة الكامنة للمواد المختلفة . وقد ساهم في هذه التجارب الحرارية كل من العالمين الفرنسيين المشهورين أنتوان لافوازيه (١٧٤٣ ـ ١٧٩٤) الذي أعدم في أحداث الثورة الفرنسية ، وبيير لابلاس (١٧٤٩ ـ ١٨٢٧) .

والمجال الوحيد الذي شهد تطورا هاما في هذا القرن هو مجال الكهرطيسية . لقد كانت هناك تجارب عديدة حول شحن الأجسام بالكهرباء (ما يدعى بالكهرباء الساكنة) من قبل علماء في جميع أنحاء أوروبا . كما أجرى الكاتب والدبلوماسي الأمريكي « بنجامين فرانكلين » (١٧٠٦ ـ ١٧٩٠) تجارب مماثلة ، إضافة إلى تجارب أخرى عن العواصف الكهربائية البرقية . وقدم بعض من هؤلاء نظريات مختلفة عن هذه « المادة » التي تعطى المواد العازلة والناقلة خواصها الكهربائية لكن اتضح أنها كانت في غالبها أفكاراً مؤقتة لم يكتب لها البقاء طويلا .

لكن العمل الحاسم والباقي في هذا المجال قام به العالم الفرنسي الفذ « تشارلز كولومب » (١٧٣٦ ـ ١٨٠٦) . درس كولومب في باريس وعمل في الجهاز الحكومي كخبير علمي ، ولكنه سرعان ما اختلف مع البيروقراطيين ، مما دفعه إلى الاتجاه نحو المجال العلمي البحت . أجرى تجارب على الكهرباء في الشعر وفي الأسلاك ، واخترع ما عرف بميزان الفتل . وأثبت بتجارب دقيقة مبتكرة أن التجاذب والتنافر بين الشحنات الكهربائية يخضع لقانون يماثل قانون الجاذبية بين الكتل الذي اكتشفه نيوتن ، فيما قبل « قانون التربيع العكسي » ، أي أن قوة التنافر التجاذب بين شحنتين تتناسب طرديا مع مضروب الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة . كما برهن أن الشحنات في الفلزات تستقر في المنطقة السطحية للفلز . كان كولومب يعتقد بأن القوة الكهربائية هي تأثير ـ عن ـ بعد وتنتقل في الفراغ بدون الحاجة إلى وسط مادى لنقلها . وكان يعتقد بنظرية السائلينْ الكهربائيين ، أي سائل للشحنات الموجبة وآخر للشحنات السالبة .

ومما يذكر أن عالما إنجليزياً ، وهو « هنرى كافينديش » ، عاش وعمل في نفس فترة كولومب تقريبا ، وقام بتجارب مشابهة لتجارب كولومب وحصل على نتائج صحيحة . لكن شخصية كافينديش الغريبة وانعزاليته عن زملائه وعن الناس عامة وعدم نشره للنتائج ـ كل ذلك أدى الى عدم إعطائه حقه اللازم في هذا المجال .

أما في مجال الكهرباء المتحركة (أو ما يسمى الآن التيار الكهربائي في النواقل) فإن العالم الأول في هذا المجال كان الطبيب الايطالي « غالفاني » (١٧٣٧ ـ ١٧٩٨) . لقد وجد بالصدفة أن عضلة رجل الضفدع عندما يوصل طرفاها بشرط تؤدى إلى شرارة خفيفة وانتفاضة في العضلة . وقد تابع الفيزيائي الإيطالي « فولطا » (١٧٤٥ ـ ١٨٢٧) هذه التجارب ، ووسعها مما أدى في عام ١٨٠٠ الى إختراعه للبطارية (الخلية) الأولى في التاريخ . وتتألف هذه من صفيحتين ، أحدهما من النحاس والأخرى من الزنك (التوتياء) ، منغمستين في سائل ناقل . لو وصلت هاتان الصفيحتان بسلك ، فإن البطارية تعطى التأثيرات التي كان (غالفاني) قد لاحظها ، ولكن بشدة أكبر .

٤ - القرن التاسع عشر

في هذا القرن استعادت الفزياء نشاطها الذي فقدته في القرن السابق ، واستعادت الصلة بالروح التي سادت في القرن السابع عشر . وحصلت تطورات هامة جدا ، وخصوصا في نهاية القرن التاسع عشر ، مهدت للثورات الفكرية الفيزيائية التي حصلت في قرننا الحالي ، القرن العشرين .

ففي القرن التاسع عشر عادت النظرية الموجية للضوء إلى المسرح وسادت تماما مع نهاية القرن . كما جرى توحيد تام بين مجالي الضوء والكهرطيسية ، وتوحيد شبه كامل بين مجالي الكهرباء والمغنطيسية ، حتى أصبحا حقلا واحدا يعرف بموضوع الكهرطيسية . هذا الاتجاه التوحيدي ، الذي تابعه (آينشتاين) فيما بعد ، لا يزال من الدوافع الرئيسية في بحوث الفيزياء حتى يومنا هذا .

في هذا القرن أيضا دخل مفهوم هام جدا في عالم الفيزياء ، هو مفهوم الطاقة (energy) . كما جرى توضيح طبيعة الحرارة (heat) كنوع من أنواع الطاقة . ومنه تطور مبدأ حفظ الطاقة (energy conservation) ، الذي أدى إلى علم الثيرموديناميك ، الذي يدرس العلاقات المختلفة بين الحرارة والشغل . وأدى هذا إلى تطوير الماكينة البخارية في خدمة الصناعة والإنسان .

في هذا القرن سارت النظريات والتجارب يدا بيد ، حيث عاد احترام العالم للطبيعة ، فهي المصدر الذي يجب المقارنة معه دائما ، والذي يجب استلهامه . لذلك فإن الموائع (fluids) الخيالية التي كانت تفترض من أجل تفسير ظواهر الحرارة والكهرباء وغيرها اندثرت ، ولم يبق إلا مفهوم الأثير ، الذي استمر حتى أوائل القرن العشرين .

وقد شاركت الدول الأوربية عموما ، وانجلترا وفرنسا وألمانيا خصوصا ، في هذه النهضة العلمية الشاملة . ففي انجلترا ظهر مثلا يونغ وفارادي ، وماكسويل وفي فرنسا استمر لاغرانج ولابلاس وظهر فرنل وكارنو وفورييه ، وفي ألمانيا برز هيلمهولتز وغاوس وهرتز وغيرهم .

٤ - ١ الحرارة وقوانين الغازات

في القرن الثامن عشر كان العلماء يعتقدون بنظرية (المائع الحراري - caloric) وأن هذا المائع الخاص هو نوع من المادة ، وإن كانت مادة غريبة نوعا ما . وهكذا فإن الجسم الحار يحتوي على « كثافة » أكبر من هذا المائع ، والجسم البارد يحتوي على كثافة أقل من هذا المائع . وعندما تنقل الحرارة من جسم حار إلى جسم بارد ، فإن كمية من هذا المائع تنتقل من الحار إلى البارد . هكذا كانت تشرح الحرارة وظواهرها المختلفة .

ويبدو أن أول عالم حاول أن يقلب هذه النظرية هو الأمريكي « بنجامين تومبسون » (١٧٥٣ - ١٨١٤) ، الذي عرف فيما بعد بـ(كونت رومفورد) . كان (رومفورد) ضابطا مغامرا ، وتنقل كثيرا ، من الولايات المتحدة إلى انجلترا ثم إلى النمسا ، ثم أخيرا إلى فرنسا ، حيث توفي هناك . وخلال إقامته في لندن أسس (المعهد الملكي)

كجمعية علمية لانتشار العلوم التطبيقية ، وهي الجمعية التي لعبت دورا كبيرا في تشجيع الأنشطة العلمية في انجلترا خلال العقود القادمة .

لاحظ (رومفورد) عندما كان يشرف على تثقيب المدافع في ميونيخ في عام (١٧٩٨) أن الاحتكاك يولد كمية كبيرة من الحرارة . واستخدم هذه الظاهرة ، أمام حشد من الناس ، كي يسخن كميات من الماء إلى درجات حرارة مرتفعة ، تصل إلى درجة الغليان . وفكر (رومفورد) : من أين تأتي هذه الحرارة الكبيرة ؟ فليس هناك أي جسم ساخن في البداية يحتوى على المائع الحرارى المطلوب . وتوصل بتفكير منطقي عملي إلى أن الحرارة تأتي في الأصل من الحركة (عن طريق الاحتكاك) ، وأن درجة الحرارة المرتفعة في الماء الحار ليست إلا مظهراً من مظاهر الحركة الداخلية في الماء نفسه . ولقي هذا التفسير تأييدا من العالمين الانجليزيين همفرى ويونغ في أوائل القرن التاسع عشر ، لكن معظم الفيزيائيين في ذلك الوقت كانوا لا يزالون يعتقدون بالنظرية المائية القديمة .

ومن التطورات الهامة في مجال الحرارة ظهور كتاب العالم الفرنسي « جوزيف فورييه » (١٧٦٨ ـ ١٨٣٠) ، وعنوانه « النظرية التحليلية للحرارة » . وقد مثل نشر الكتاب في عام ١٨٢٢ حدثا كبيرا ، حيث أعطى دفعا كبيرا لبحوث الحرارة خاصة ، ولبحوث الفيزياء الرياضية بصورة عامة .

وقام عدد من العلماء الفيزيائيين والكيميائيين بدراسات عن قوانين الغازات ، وسلوك هذه الغازات مع تغير درجة الحرارة . ونذكر من هؤلاء الفرنسيين « جاك شارلز » (١٧٤٦ ـ ١٨٢٣) و « جوزيف غي ـ لوساك » (١٧٧٨ ـ ١٨٥٠) والانجليزي « جون دالتون » (١٧٦٦ ـ ١٨٤٤) . أجرى هؤلاء العلماء ، مستقلين ، تجارب عن توسع (تمدد) الغازات (بما فيها الهواء) مع زيادة درجة الحرارة ، حيث وجدوا أن الحجم يزداد بالتناسب مع زيادة درجة الحرارة (قانون تشارلز ـ غي لوساك) . كما أجرى آخرون في هذه الفترة تجارب حول تخفيض درجة الحرارة في الغازات ، حيث وجدوا أن معظم الغازات تتحول إلى سوائل في درجات منخفضة مناسبة . ومن هؤلاء نذكر الفرنسي « كيلييت » والانجليزي « ديوار » ، حيث تمكن الأول من تسييل الهيدروجين والنيتروجين والهواء في عام ١٨٧٧ ، للمرة الأولى في التاريخ .

وفي القرن التاسع عشر بدأ علم جديد مثير للاهتمام ، وهو علم (الثيرموديناميك Thermodynamics) ، أي الديناميك الحرارى . ويعالج هذا الموضوع العلاقة بين الحرارة والشغل (كمية ميكانيكية) . وقد كانت الغاية العلمية الرئيسية للموضوع هي الاستفادة من الماكينة البخارية لتوليد شغل مفيد لخدمة الانسان . وقد أسس هذا العلم على يدى العالم الفرنسي « نيكولاس كارنو » (١٧٩٦ ـ ١٨٣٢) . نشر كارنو كتابا في عام ١٨٢٢ عن الموضوع حيث قدم عددا من المفاهيم الجديدة . منها ما عرف لاحقا بـ « ماكينة كارنو » ، التي يمكن تمثيلها باسطوانة يوجد في نهايتها مكبس متحرك وتحتوى على غاز ذى خواص مثالية . وتعمل الماكينة بطريقة دورية حيث يضغط الغاز في درجة حرارة مرتفعة ، ثم يسمح بالتمدد والتبرد الى درجة حرارة منخفضة يقوم خلالها بشغل معين .

استطاع « كارنو » أن يحصل على قانون صحيح يعطى كفاءة هذه الماكينة المثالية في تحويل الحرارة إلى شغل ميكانيكي مفيد ويرهن أن هذه الكفاءة تمثل الحد الأقصى لكفاءة أية ماكينة عملية تعمل بين درجتي الحرارة المذكورتين .

وجدير بالذكر أن كارنو ، عندما قدم أبحاثه ، كان يعتقد بنظرية المائع الحراري . لكنه بدأ تدريجيا بالتحول عنها والتوجه نحو النظرية الحركية للحرارة . وفي كتاباته الأخيرة حول الموضوع ، اقترب كارنو جدا من المفهوم الذي عرف فيا بعد بمفهوم الطاقة .

وقد طورت أفكار كارنو من قبل العالم الألماني « كلوزيوس » والعالمين الانجليزيين « وليام تومسون » (لورد كيلفين ، فيا بعد) ووليام رانكين ، اللذين قالوا صراحة بأن الحرارة تمثل طاقة حركية في الجسيمات التي تكوّن الجسم .

وقد توصل ثلاثة من العلماء ، مستقلين ، إلى مبدأ حفظ الطاقة عند حوالي منتصف القرن التاسع عشر . فالعالم الألماني « روبرت ماير » (١٨١٤ ـ ١٨٧٨) بدأ طبيبا ثم تحول تدريجيا نحو الدراسات العلمية ، وخصوصا حول تحويل الطاقة الميكانيكية إلى حرارة . لكن آراءه قوبلت بعدائية شديدة عانى منها كثيرا ، وقضى معظم سنواته الأخيرة في المرض والمعاناة الجسدية والنفسية . وقام العالم الانجليزي « جيمس جول » (١٨١٨ ـ ١٨٨٩) بأعمال مشابهة عن تكافؤ الطاقة الحركية والحرارة ، وأجرى تجاربه (حوالي ١٨٥٠) لحساب معامل التكافؤ الميكانيكي للحرارة ، حيث وجد القيمة ٤,٢٤ جول للكالوري (السعر الحراري) ، وهي قريبة من القيمة الحالية (٤,١٩) . كان حظ جول أفضل من حظ ماير ، حيث حظي الأول بتشجيع العالم المرموق « تومسون » ، مما أعطى مجالا أوسع لانتشار أعمال وآراء جول .

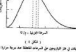
لكن مبدأ حفظ الطاقة لقى دعما مؤثرا من قبل العالم الألماني الفذ « هيرمان فون هيلمهولتز » (١٨٢١ ـ ١٨٩٤) . بدأ هذا عمله كطبيب ، ثم تحول إلى دراسة الطبيعة في مجالات الحرارة والصوت والضوء ، لكي يفهم بصورة أفضل وظائف أعضاء الجسم ، مثل الأذن والعين ثم تحول إلى دراسة الرياضيات لكي يفهم الظواهر الفيزيائية بطريقة كمية ودقيقة . لقد كان هيلمهولتز يمتلك ذكاء خارقا في العمق وفي الاتساع ، مما وضعه في الصف الأول بين معاصريه في الطب والفيزياء والرياضيات . في عام ١٨٤٧ ألقى محاضرة أمام الجمعية الفيزيائية الألمانية وضع فيها آراءه عن تكافؤ الطاقة الحركية والحرارة وأيضا عن الانحفاظ العام للطاقة . وكان العرض واضحا وجريئا وصريحا . ورغم المقابلة العدائية لهذه الآراء ، التي اعتبرها معظم العلماء المعروفين في ألمانيا على أنها مجرد تأملات وتخمينات ، فإن النظرية انتشرت بعد سنوات وأصبحت النظرية المقبولة والسائدة في جميع أنحاء أوربا وانجلترا .

كان هناك كثير من التشابك بين مفهومي الطاقة والقوة اللذين كانا يستعملان ككلمتين مترادفتين . وكان أول من أطلق كلمة الطاقة بمعناها الحديث لتعني الشغل الذي تقوم به قوة ميكانيكية هو العالم الانجليزي « يونغ » في حوالي عام ١٨٤٩ .

كما قام « جول » في تلك الفترة (حوالى ١٨٥٠) بوضع الأسس للنظرية الحركية للغازات . أراد جول أن يقوم باشتقاق نظري لقانون الغاز المثالي وذلك باستخدام نموذج للغاز كان قد قدمه العالم السويسرى « بيرنولى » (الفترة ١٧٠٠ ـ ١٧٨٢) . قانون الغاز المثالي هذا ، والذي يمكن استنتاجه من ضم قوانين بويل وتشارلز معا ، يتلخص في المعادلة التالية : ضغط × حجم = ثابت × درجة الحرارة (المطلقة) . من أجل اشتقاق هذا القانون ، افترض جول أن الغاز المثالي يمتلك الخواص التالية : انه يتألف من جزيئات (أو ذرات) صغيرة جدا (حوالى ١٠^-٨ سم ، في نصف القطر) ، وكثيرة العدد (من رتبة ١٠^٢٣ جزئي / متر مكعب) ، وفي حركة عشوائية مستمرة بسرعات عالية (من رتبة (٥٠٠) متر/ ثانية) . أما قوى التفاعل بين هذه الذرات فهي ضعيفة جدا لدرجة يمكن إهمالها . وهذه الذرات ـ على كثرتها وسرعاتها العالية ـ تتصادم مع بعضها في بعض الأحيان النادرة ، لكن هذه التصادمات مرنة ، مما يعني أن الطاقة الحركية للذرات تبقى محفوظة خلال التصادم .

تتصادم الذرات أيضا مع جدار الوعاء الذي يحتوى الغاز . هذه التصادمات مرنة وتحدث بكثرة . وقد افترض جول ، بعد سلفه بيرنولى ، أن هذا التصادم مع الجدار هو الذي يولد الضغط الغازى الذي نقيسه . وباستخدام قوانين نيوتن تمكن جول من اشتقاق معادلة رياضية للضغط في الغاز . . وبمقارنة هذه المعادلة مع قانون الغاز المثالي ، تمكن جول من التوصل إلى النتيجة الهامة ، وهي أن درجة الحرارة المطلقة تتناسب مع الطاقة الحركية (المتوسطة) للجزيئات . وهكذا تم التوصل أخيرا إلى تفسير ميكانيكي لدرجة الحرارة .

تطورت النظرية الحركية للغازات بعد ذلك بفضل جهود العالم الانجليزي « ماكسويل » والعالم النمساوى « بولتزمان » . لقد اعتبر هذان أن الجزيئات في الغاز لا تملك سرعة معينة ، وإنما تتوزع هذه الجزيئات بشكل إحصائي على سرعات مختلفة ـ أي أن بعض الجزيئات لها سرعات صغيرة وبعضها له سرعات متوسطة والأخرى لها سرعات عالية . وتمكنا من التوصل ، بصورة مستقلة ، إلى تابع التوزيع الذي يبين كيفية توزيع الجزيئات على السرعات المختلفة (شكل ٤) . وهكذا فإن درجة الحرارة للغاز تمثل في الواقع المتوسط الإحصائي للطاقة الحركية للجزيئات في السرعات المختلفة . وقد شكلت أعمال جول وماكسويل وبولتزمان الأساس النظرى لمعالجة الغازات بخواصها الحرارية والثيرموديناميكية المختلفة .



(شكل ٤)

توزيع الجزيئات في غاز النيتروجين على السرعات المختلفة عند درجة حرارة الصفر المئوي . الجزء الأكبر من الجزيئات تكون سرعته حوالى ٤٠٠ م/ ث .

٤ ـ ٢ : الضوء

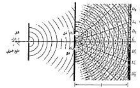
٤ ـ ٢ ـ ١ : طبيعة الضوء ـ النظرية الموجية

يعود الفضل في إحياء النظرية الموجية للضوء ، التي أهملت خلال القرن الماضي ، إلى أعمال العالم الانجليزي « توماس يونغ » (١٧٧٣ ـ ١٨٢٩) . وكان هذا طفلا نابغاً ، حيث تعلم القراءة والكتابة الواعية قبل الرابعة من عمره ، وقرأ كثيرا في العلوم والفلسفة والإنسانيات . بدأ يونغ حياته العلمية كطبيب ثم تحول إلى دراسة الضوء والصوت عندما بدأ بدراسة العين وتركيبها وتفاعلاتها الضوئية . في عام ١٨٠١ ألقى يونغ محاضرة عن الألوان في الصفائح الرقيقة . في هذه المحاضرة أيد يونغ النظرية الموجية وقدّم مفهوم التداخل (interference) الضوئي للمرة الأولى : عندما تلتقي موجتان متوازيتان قادمتان من مصدرين مختلفين ولكن متوافقتين ، فإن تأثيرهما هو جمع لحركتيهما المختلفتين . هكذا حصل يونغ على النمط التداخلي الذي ينتج عن الشق الازدواجي (شكل ٥) والذي يشتمل على الأهداب الساطعة والقاتمة المتوزعة على التوالي . ورغم دقة أعمال يونغ ولأنها كانت مكثفة وغير واضحة . وقوبلت آراؤه بنقد لاذع في انجلترا لتعارضها مع نظرية نيوتن الجسيمية مما سبب له الإحباط طيلة فترة حياته العملية الباقية . ويعود الفضل الكبير في دفع ركب النظرية الموجية للضوء ، وإحياء أعمال يونغ نفسها ، إلى العالم الفرنسي « أوغوستين فرينيل » ١٧٨٨ ـ ١٨٢٧ . عمل فرينيل ، الذي لم يظهر علامات النبوغ في طفولته ، كمهندس في الحكومة ، ثم بدأ بأبحاثه الضوئية في عام ١٨١٥ .

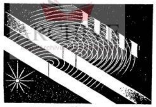
حصل فرينيل على النمط الحيودي لسلك موضوع في طريق شعاع ضوئي . ورغم أن هذا النمط كان معروفا من قبل ، فإن فرينيل قد فسر هذه الظاهرة ، وللمرة الأولى ، على أنها تعود للتداخل بين الموجات الضوئية في الشعاع ، وهو نفس المفهوم الذي استعمله يونغ سابقا في مجال آخر (بدون علم فرينيل) . واستعمل فرينيل في شرحه مبدأ هايغنز في تقدم الموجات ، مع توظيف الطرق الرياضية المعقدة لشرح تقدم الموجات الضوئية . كما أنه قدما شرحاً وافياً ومقنعاً لظاهرة انتشار الضوء في خط مستقيم وعدم انحرافه عند الزوايا (كما يفعل الصوت) . فالسبب ، حسب رأي فرينيل ، هو أن طول الموجة قصير جدا جدا (حوالي ٥ × ١٠$^{-٥}$ سم) بالمقارنة مع أبعاد الأجسام التي يمكن أن تسبب له الحيود . فعندما يسير شعاع موجي ، بهذا الطول ، فإنه لا يعاني كثيرا من الانحراف أو الحيود أو التباعد . وهذا هو الجواب على أحد اعتراضات نيوتن على النظرية الموجية للضوء بأن الضوء يسير في خط مستقيم أما إذا كانت الموجة طويلة ، فإن الشعاع يتوزع بسرعة وينحرف عند الزوايا ، كما يفعل الصوت .

ورغم معارضة علماء بارزين ، مثل « لابلاس » ، فإن نظرية فرينيل سرعان ما انتشرت وحصلت على قبول واسع . كما أن فرينيل عرف لاحقا بأعمال يونغ السابقة ، وجرى بين الاثنين حوار أدى إلى علاقة ودية داعمة ، على غير العادة في مثل هذه الظروف .

وكان على النظرية الموجية أن تجتاز عقبة أخرى وأخيرة ، وذلك فيما يتعلق بظاهرة الاستقطاب . لقد كان معروفا ، منذ زمن نيوتن وهايغنز ، أن الشعاع الضوئي عندما ينكسر بين الهواء ومادة بلورية فإنه ينقسم إلى شعاعين



(أ)



(ب)

(شكل ٥)

النمط التداخلي للشق الازدواجي ، حسب نظرية (يونغ)

(أ) في المقطع ، الشعاع الضوئي يأتي من المنبع يمر في الشق الأول حيث ينتشر في موجات نصف دائرية ، ثم تمر أجزاء من هذه الموجات عبر الشقين التاليين . وبتداخل الموجات الصادرة من هذين الشقين على الشاشة الى اليمين ، تتشكل حزمات مضيئة ومظلمة على التوالي . (ب) صورة تمثيلية للجزء (أ) في ثلاثة أبعاد .

يسيران في اتجاهين مختلفين داخل البلورة . هذه الظاهرة عرفت باسم الانكسار الازدواجي . وقد تجددت الدعوة إلى حل هذه المشكلة عندما وجد الفرنسي « مالوس » (١٧٧٥ - ١٨١٢) أن الشعاع الضوئي المنعكس من سطح مائي يكتسب خواص ذات علاقة بالانكسار المزدوج . فكيف تفسر هذه الظاهرة على أساس النظرية الموجية ؟ بعد التفكير الطويل حول الموضوع ، على مدار ست سنوات ، أتى يونغ نفسه بالحل الصحيح في عام ١٨١٧ : إن الشعاع الضوئي ، كموجة منتشرة ، له خاصية الاستقطاب وهي التي تصف اتجاه الحركة الاهتزازية للموجة . بالنسبة لاتجاه انتشار الموجة ، فالموجات الضوئية هي موجات مستعرضة (Transverse) ، أي أن حركة الجسيمات الاهتزازية عمودية على مسار الشعاع ، مثل حركة جسيمات الماء العمودية على مسار الموجة على سطح الماء . وبما أن هناك اتجاهين مستقلين وعمودين على المسار ، فإن بالإمكان تشكيل شعاعين ضوئيين باستقطابين مختلفين . وهكذا ، فعندما يسقط شعاع غير مستقطب على سطح بلورة ، فإن التركيب البلوري غير المنتظم (non - isotropic) يؤدي إلى فرز شعاعين ذوي استقطابين مختلفين ومتعامدين داخل البلورة .

هذا الشرح للاستقطاب من قبل يونغ أرضى مالوس ولكنه لم يرض عالما آخرا في مجال الاستقطاب ، وهو العالم الانجليزي سير « ديفيد بروستر » (١٧٨١ - ١٨٦٨) . وكان اعتراضه من النوع الفلسفي : « لا أستطيع أن أتخيل أن الخالق قد خطط وملأ الفراغ بالأثير من أجل توليد الضوء » . كان بروستر يقدر تماما بأن مفهوم الأثير يقع في صلب الشرح الذي قدمه يونغ عن الاستقطاب .

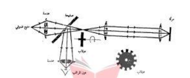
٤ - ٢ - ٢ : سرعة الضوء

في منتصف القرن التاسع عشر تقريبا قام عالمان فرنسيان بتحديد سرعة الضوء للمرة الأولى ، وفي نفس الوقت تقريبا ، قام الفرنسي « جون فوكو » (١٨١٩ - ١٨٦٨) بقياسات حددت نسبة سرعة الضوء في الفراغ (الهواء) إلى سرعته في الماء ، وأثبت أن السرعة في الماء أقل منها في الهواء . كان ذلك في عام ١٨٥٣ . كما اخترع فوكو نواسه (بندوله) الشهير الذي وضح دوران الأرض حول نفسها ، كما اخترع الجهاز العجيب المسمى بالجايروسكوب . لقد وضع هذا العالم حقا معايير مرتفعة جديدة في دقة الأجهزة المستعملة في القياسات العلمية .

ومما يذكر أن نتيجة (فوكو) عن سرعة الضوء في الماء وكونها أقل من سرعته في الهواء كانت الضربة القاضية للنظرية الانبعاثية (الجسيمية) للضوء . فقد كان (نيوتن) وغيره من مناصري هذه النظرية يتوقعون عكس هذه النتيجة التي تتفق تماما مع النظرية الموجية .

وقام الفرنسي « هيبولايت فيزو » (١٨١٩ - ١٨٩٦) كذلك بإجراء تجربته الشهيرة لقياس سرعة الضوء في الهواء . يدخل الشعاع الضوئي الأفقي ثقباً في دولاب (شكل ٦) يمكن تدويره حول محور أفقي بسرعات دورانية مختلفة . الشعاع الضوئي ينطلق أفقيا حيث يرتطم بمرآة عمودية واقعة على بعد ٨٦٣٣ مترا في ضاحية من مدينة باريس . الشعاع المنعكس يعود إلى الدولاب مرة أخرى ، ويمر فيه عبر أحد الثقوب أو يرتطم بجدار الدولاب بين

الثقوب ، حسب سرعة دوران الدولاب وعلاقتها بالمسافة المقطوعة ذهاباً وإياباً من قبل الشعاع . بهذا استطاع فيزو قياس سرعة الضوء ، حيث وجدها ٣,٣٥ × ١٠^٨ متراً/ ثانية . هذه القيمة تختلف بحوالي ٥٪ عن القيمة المعتمدة حاليا لسرعة الضوء في الفراغ . وقد اعتبرت هذه التجربة نجاحاً باهراً لهذا العالم الذي كرس نفسه للحياة العلمية ، وكان ذلك في عام ١٨٤٩ . بعد ذلك انتقلت القياسات الدقيقة لسرعة الضوء إلى أمريكا ، حيث كرس العالم « مايكلسون » جزءاً كبيراً من حياته العلمية إلى هذا الموضوع . فالقيمة الأخيرة التي حصل عليها ، في ١٩٢٦ كانت ٢,٩٩٧٩٦ × ١٠^٨ متراً/ ثانية .



(شكل ٦)

تجربة (فيزو) لقياس سرعة الضوء . الشعاع الضوئي يصدر من المنبع ويمر عبر صفيحة زجاجية ثم عبر أحد ثقوب القرص الدائر . الشعاع يسير إلى المرآة على اليمين وينعكس منها ويسير في نفس الطريق ، لكن في الاتجاه المعاكس . هذا الشعاع المنعكس إما أن يمر من أحد ثقوب القرص ، وينعكس من الصفيحة الى عين الناظر ، أو يحجب على سطح القرص ولايراه الناظر . هذه الاختيارات تؤدي مباشرة الى حساب (قياس) سرعة الضوء . (العدسات تستعمل في توجيه الشعاع) .

٤ ـ ٢ ـ ٣ : الأطياف الذرية

في الربع الأول من القرن التاسع عشر بدأ العلماء بمشاهدات وقياسات علمية على نوع جديد من الأطياف ، وهي الأطياف الخطية (Line spectra) . وقد لعبت هذه الأطياف دورا أساسيا في تطوير النظرية الذرية للمادة فيما بعد . كما لعب العالم الألماني « جوزيف فراونهوفر » (١٧٨٧ ـ ١٨٢٦) دورا رئيسيا في وضع حجر الأساس لهذا العلم الجديد . وبسبب مواهبه العلمية والفنية في صقل العدسات الكبيرة والأدوات الزجاجية الدقيقة أصبح فراونهوفر مديرا للمعهد الضوئي في مدينة ميونيخ وبنى هناك أفضل تيليسكوب انكساري في وقته .

خلال تجاربه على معاملات الانكسار للعدسات المختلفة التي صنعها ، لاحظ فراونهوفر وجود خطين من لون برتقالي عندما مرر الشعاع الضوئي الصادر من مصباح يحتوي على مادة كلوريد الصوديوم . عبر شق ، على موشور زجاجي . ولاحظ فراونهوفر خطوطا أخرى مضيئة عندما استعمل مواد أخرى مختلفة في المصباح .

بعد ذلك وجه فراونهوفر تليسكوبه نحو الشمس ، حيث كان يأمل أن يشاهد خطوطا مضيئة في شعاعها أيضا . ولكنه وجد لدهشته خطوطا قاتمة موزعة عبر الطيف . كما درس أشعة النجوم وبعض الكواكب ، ووجد بعضا من نفس هذه الخطوط القاتمة . كما أجرى فراونهوفر تجارب باستخدام محززة الحيود (diffraction grating) وقام بتحديد قيمة دقيقة لطول الموجة في خط الصوديوم . تألفت المحززة من شبكة من الأسلاك الرقيقة المعدنية المتوازية . وقد أعطى طول الموجه القيمة ٥,٨٨٨ × ١٠-٥ سنتيمترا التي هي مقاربة للقيمة الحالية . لكن أعمال فراونهوفر ، التي نشرها فيما بين عامي ١٨١٠ و١,٨٢٥ ، لم تلق الاهتمام الكافي .

ولاحظ علماء آخرون فيما بعد ، ومنهم فوكو ، التطابق بين أطوال موجات الصوديوم المضيئة وبعض الخطوط القاتمة الموجودة في الطيف الشمسي . عندئذ بدأ التفكير يتجه نحو الاعتقاد بأن الطيف الخطي القائم في الشعاع الشمسي يعود إلى امتصاص أجزاء من الشعاع في الغلاف الغازي المحيط بالشمس . هذا التفسير هو التفسير الحقيقي ، كما تعلم الآن .

لكن التقدم الكبير في مجال التحليل الطيفي الخطي يعود إلى العالم الألماني العظيم « غوستاف كيركوف » (١٨٢٤ ـ ١٨٨٧) . وقد كانت الفترة المنتجة في حياته هي حوالي عشرين سنة من التعاون العلمي مع الكيميائي « بونزن » ، خلال عملهما في التدريس معا في جامعة هايدلبرغ . لقد أتقن العالمان تطوير ما سمي « مصباح بونزن » ، حيث يجرى تبخير المواد المختلفة إلى الحالة الغازية وإشعالها لتعطي طيفها الخطي بكل وضوح ، بدون أي تداخل مع عوامل أخرى ، ثم يجرى تحليل الطيف الخطي بواسطة الموشور (شكل ٧) .

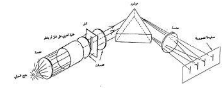
ويمكن تلخيص النتائج العلمية التي حصل عليها (كيركوف) كما يلي :

١ ـ كل مادة ، عندما تتحول إلى الحالة الغازية وترتفع درجة حرارتها ، تعطي نمطا معينا من الخطوط الطيفية المضيئة . ويدعى هذا النمط بالطيف الابتعاثي (emission spectrum) لهذه المادة .

إن مشاهدة هذا الطيف الخاص يدل على وجود المادة بل يخدم كبصمة للمادة . (شكل ٨) . بهذه الطريقة استطاع كيركوف وزملاؤه أن يكتشفوا عناصر جديدة آنذاك مثل السيزيوم والروبيديوم .

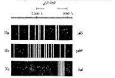
٢ ـ لاحظ كيركوف أن وجود غاز في طريق شعاع ما يؤدي إلى ظهور نمط من الخطوط الطيفية القاتمة عند تحليل طيف هذا الشعاع . هذا النمط القاتم سمي بالطيف الامتصاصي (absorption spectrum) للغاز . لاحظ كيركوف أن الطيف الامتصاصي لغاز ما مطابق تماما للطيف الابتعاثي لهذا الغاز . ويمكن شرح هذا التطابق بسهولة بواسطة نموذج (بوهر) الذري (انظر جزء ٥ ـ ٤ ـ ٢) .

٣ ـ استنتج كيركوف أن الطيف الامتصاصي في الشعاع الشمسي يعبر عن وجود العناصر المناسبة في الغلاف الجوي الشمسي . ونظراً لدرجة حرارة الشمس المرتفعة فإن هذه العناصر تكون موجودة في حالتها الغازية هناك . وبهذه الطريقة استنتج كيركوف وجود الحديد والنحاس والزنك والنيكل والصوديوم وغيرها من العناصر في الغلاف الشمسي .



(شكل ٧)

طريقة (كيركوف) في الحصول على الطيف الاختصاصي للغازات المختلفة . المنبع الضوئي يصدر إشعاعاً متصلاً يمر عبر الغاز ، الذي يمتص جزءاً من هذا الإشعاع عند أطوال موجية معينة . هذه الأطوال تظهر أخيراً كخطوط ثابتة على اللوحة الفوتوغرافية ، وتحدد هوية الغاز .



(شكل ٨)

الأطياف المرئية لثلاثة عناصر «زئبق ، هيليوم ، نيون» . كل عنصر له طيف خاص يدل عليه .

لقيت أعمال كيركوف قبولا واسعا في المجتمع العلمي في أوروبا وانجلترا . قال هيلمهولتز عنها « إن لها الأهمية العظمى في جميع فروع الطبيعية » .

بعد كيركيوف ، انتشر علم التحليل الطيفي على نطاق واسع وتعددت استخداماته وتطبيقاته . كما بدأت الجهود نحو ملاحظة نوع من النظام أو الانتظام (order) في الأطياف المختلفة . مثلا لوحظ أن الذرات الحرة تؤدي الى سلاسل من الأطياف الخطية ، التي قد تتشابه من عنصر الى آخر . أيضا لوحظ أن الجزيئات (molecules) تؤدي إلى حزم (عصابات) طيفية (band spectra) ، حيث تندمج الخطوط مع بعضها فتشكل طيفا متصلا . ولوحظ أن الطيف الحزمي للنيتروجين يتحول تدريجيا الى الطيف الخطي عندما ترتفع درجة حرارة الغاز ، مما يعبر عن تفكك الجزيئات النيتروجينية الى ذرات نيتروجينية . كما لاحظ لوكير (١٨٣٦ ـ ١٩٢٠) أن الخط الطيفي نفسه يتغير عندما ترتفع درجة حرارة الغاز الذري ، مما يدل على أن الذرة نفسها هي كائن مركب وليس أساسيا .

أيضا لوحظ أن زيادة الضغط (أو الكثافة) في الغاز تؤدي الى اتساع (broadening) الخطوط الطيفية . واكتشف العالم الهولندي « ب . زيمان » أن الخطوط الطيفية تتأثر بوجود مجال مغنطيسي بطريقة ينقسم فيها كل خط الى عدد من الخطوط المتقاربة ، ويعرف هذا التأثير باسم « انشقاق زيمان » ، ويستعمل كثيرا الآن في دراسة التكوين الداخلي الدقيق للذرات والجزيئات . أيضا اكتشف العالم النمساوي « كريستيان دوبلر » (١٨٠٣ ـ ١٨٥٣) ماعرف بتأثير دوبلر الذي يقول بأن طول الموجة الصوتية أو الضوئية يتغير حسب سرعة مصدر الموجات . فإذا كان المصدر يتحرك باتجاه الراصد ، فإن طول الموجه يصبح أقصر (ويرتفع التردد) ، والعكس صحيح في حالة ابتعاد المصدر عن الراصد ، أعلن هذا التأثير في عام ١٨٤٣ وجرى إثباته على الموجات الصوتية الصادرة من قطار في عام ١٨٤٥ . لكن دوبلر نفسه كان مهتما أكثر بتطبيق هذه الظاهرة على الموجات الضوئية وخاصة في المجالات الفلكية . وكان يعتقد أننا نستطيع معرفة حركة النجوم (اقترابا أو ابتعادا من الأرض) من دراسة الأطياف الخطية للأشعة القادمة من هذه النجوم . فكان يعتقد مثلا أن النجوم الزرقاء تكتسب هذا اللون لأن هذه النجوم تقترب منا ، والعكس صحيح بالنسبة للنجوم الحمراء (افترض دوبلر أن النجوم جميعها تشع لونا أبيض) .

إن تفكير دوبلر حول التطبيقات الفلكية صحيح في المبدأ وخاطىء في التفصيل . إن التغيير الموجي الناتج عن تأثير (دوبلر) صغير في العادة ، ولايمكن أن يؤدي إلى تعدد الألوان في النجوم لكن العلماء بعده ، في النصف الثاني من هذا القرن ، تمكنوا ، من خلال قياسات دقيقة ، أن يرصدوا تأثير دوبلر بالفعل في الشمس والنجوم ففي عام (١٨٧١) أمكن ملاحظة التأثير المصاحب لدوران الشمس فعندما تدور الشمس حول نفسها ، فإن إحدى حافتيها تبتعد عنا ، في حين تقترب منا الحافة الأخرى . ووجد العلماء بأن طيف الهيدروجين القادم من الحافة المبتعدة يزاح فعلا نحو منطقة اللون الأحمر في حين يزاح الطيف القادم من الحافة المقتربة نحو منطقة اللون البنفسجي [١٠] . (الانزياح هو التغير في طول الموجه الناتج عن تأثير دوبلر) .

---

(١٠) ـ تغير الألوان ، بسبب تأثير دوبلر ، يحدث فعلا في نجوم الكوازر (quasars) التي اكتشفت في السنوات الأخيرة . هذه النجوم تبتعد عنا بسرعات كبيرة قريبة من سرعة الضوء .

وقام عدد من الفلكيين في المراصد في أوروبا وانجلترا والولايات المتحدة بقياسات دوبلرية لتحديد حركة العديد من النجوم في السماء . كما وجدوا أيضا أن بعض النجوم تتألف في الحقيقة من نجوم ثنائية (binary stars) ، حيث يدور النجمان أحدهما حول الآخر . إن هذا الدوران يجد تعبيره في الطيف الدوبلري للشعاع القادم من النجم . ومن معرفة دور النجم (period) عبر الطيف يمكن تحديد كتلة هذه النجوم الثنائية .

كل هذا يعطي بعض الدلالة على أهمية التحليل الطيفي في الدراسات الفلكية ، فيما يسمى الآن بمجال الفيزياء الفلكية (Astrophysics) . إنه المجال الأكثر نشاطا في عصرنا الحاضر .

ولابد أن نذكر هنا أيضا جهود العالم السويدي « أندري أنغستروم » (١٨٣٧ ـ ١٩٠٨) . لقد نشر في ١٨٦٨ قائمة بأطوال موجية اعتبرت ١٠⁻¹⁰ مارية معايير للطول . هذه القائمة ، التي صححت فيما بعد ، كانت مرتبطة بالمتر ، كمعيار أصلي للطول (والمتر بدوره مرتبط بنصف قطر الأرض) . لكن في عام ١٩٠٧ وفي مؤتمر علمي دولي جرى اعادة ربط الطول المعياري بحيث أصبح الأنغستروم مرتبطا ليس بالمتر (والأرض) وانما بطول موجة أحد الخطوط الطيفية في عنصر الكادميوم ، أي أن طول موجة الخط الأحمر في الكادميوم يساوي ٦٤٣٨,٤٦٩٦٠ أنغستروم [١١] .

٤ ـ ٢ ـ ٤ . الاشعة الحرارية (الطيف المتصل) .

في عام (١٨٠٠) أثار العالم الفلكي الانجليزي « وليام هيرشيل » (١٧٣٨ ـ ١٨٢٢) السؤال حول الطيف الشمسي ، وفيما اذا كان يحتوي على أشعة خارجة من منطقة الطيف المرئي (visible spectrum) ، وهي المنطقة من الأطوال الموجية التي تتحسس لها العين الانسانية . ويغطي هذا الطيف المنطقة (٤٠٠٠ ـ ٧٠٠٠) أنغستروم فباستخدام ميزان حرارة يوضع في مناطق الألوان المختلفة الناتجة من التحليل الموشوري للشعاع الشمسي الأبيض ، وجد هيرشيل أن درجة الحرارة حتى عندما يوضع الميزان في المنطقة تحت الحمراء . إذن لابد من وجود أشعة في تلك المنطقة من الطيف .

ورغم بعض الجدل الذي أثاره هذا الاكتشاف في حينه ، فإنه لقي قبولا سريعا في المجتمع العلمي ولكن السؤال كان يدور حول طبيعة هذه الأشعة الحرارية (heat rays) التي ترافق الأشعة المرئية ولكنها ذات آثار حرارية واضحة . وقد توضح الموضوع كثيرا بفضل جهود العالم الايطالي « ماسيدونيو ميللوني » (١٧٩٨ ـ ١٨٥٤) ، الذي قام بأبحاث وتجارب مكثفة على هذه الأشعة الحرارية ، وتوصل أخيرا إلى قناعة بأنها من نفس طبيعة الأشعة المرئية . كان ميلوني في تجاربه يقيس قدرة المواد (على شكل صفائح من السوائل والجوامد) على امتصاص هذه الأشعة . ١٠ . الأبحاث تابعها العالم الايرلندي ـ الانجليزي « جون تيندال » (١٨٢٠ ـ ١٨٩٣) ، الذي بسط ، حتى على مستوى الرجل العام ، موضوع الأشعة تحت الحمراء وعلاقة الضوء بالحرارة . وأثبت بالتجارب أن للمواد ذات القدرة العالية على امتصاص هذه الأشعة قدرة عالية كذلك على اصدارها عند تسخينها .

(١١) ـ منذ عام ١٩٦٠ ربط المتر المعياري بطول موجة الضوء الأحمر ـ البرتقالي المنبعث من عنصر كريبتون ـ ٨٦ ، على الشكل التالي : المتر = ١٦٥٠٧٦٣,٧٣ طول موجة ما يذكر تاريخيا ، أن مايكلسون ، في عام ١٨٩٢ نقل جهازه الطيفي من الولايات المتحدة الى باريس لمقارنة المتر المعياري مباشرة مع الخط المنبعث من الكادميوم .

٤ - ٣ الكهرطيسية

شهد القرن التاسع عشر تطورات كثيرة وعلى غاية من الاهمية في مجال الكهرطيسية حتى أنه وصف بعصر الكهرطيسية . خلال النصف الأول من هذا القرن استطاع العلماء ، وخصوصا في انجلترا وألمانيا ، تطوير عملية صناعة الخلايا أو البطاريات الفولطية . وبهذه الطريقة بالامكان الحصول على بطاريات يمكن الاعتماد عليها لإعطاء أية قوة (كهربائية) محركة (electromotive force) مناسبة وبهذه الطريقة يمكن الحصول على تيارات كهربائية مناسبة في أسلاك معدنية ، عندما توصل هذه الأسلاك عبر قطبي البطارية .

٤ - ٣ - ١ : التيار الكهربائي وتأثيره المغنطيسي

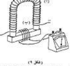
يمكن القول إن عصر الكهرطيسية بدأ بتجربة العالم الدانماركي « كريستيان أورستيد » (١٧٧٧ - ١٨٥١) في عام ١٨١٩ . كان أورستيد يشعر مع غيره بأن هناك نوعا من العلاقة بين الكهرباء ، والمغنطيسية . وأثناء تجاربه على تأثير التيار على إبرة مغنطيسية لاحظ أن الإبرة تتحرك ، وبطريقة تدل على أن القوة المغنطيسية (المجال المغنطيسي) عمودية على اتجاه التيار . لاحظ أورستيد أيضا أن القوة المغنطيسية الناتجة عن التيار تستطيع اختراق معظم المواد العادية مثل الزجاج أو الخشب أو النحاس . ولاحظ العالم الفرنسي المعاصر « آراغو » في ١٨٢٢ أن التيار يجذب برادة الحديد ، تماما مثلما يفعل المغنطيس . وظن آراغو أن التيار يجب أن يعتبر مغنطيسا ، وإن كان غير حديدي .

لكن الدراسات الشاملة في هذا المجال أتت على يد العالم الفرنسي الموهوب « أندري أمبير » (١٧٧٥ - ١٨٣٦) . ورغم التقلبات الحادة في حياته مثل اعدام والده خلال الثورة الفرنسية ، الا أنه استطاع أن يقدم اسهامات كبيرة في مجال الكهرطيسية . وجد أمبير أن تيارين في سلكين متوازيين يتجاذبان عندما يكون التياران في نفس الاتجاه ، ويتنافران عندما يكون التياران متعاكسين . وعلى عكس آراغو ، فإن أمبير قال بأن المغنطيسية في الحديد الممغنط هي نتيجة لتيارات كهربائية تسري داخل المادة المغنطيسية فعندما يكون الحديد غير ممغنط فإن التيارات الداخلية تكون متجهة في اتجاهات عشوائية ، ولايكون لها تأثير مغنطيسي صاف . وفي حالة المغنطة ، فإن هذه التيارات تتنسق مع بعضها البعض وبذلك تنتج تأثيرا خارجيا كبيرا . واستنتج أيضا بأن وجود المجال المغنطيسي الأرضي دليل على وجود تيارات كهربائية داخل الكرة الارضية . كل هذه الأفكار التي نادى بها أمبير منذ أكثر من مائة وخمسين عاما لاتزال سارية حتى هذا اليوم .

وفي نفس الفترة كان العالم الألماني « جيورج أوم » (١٧٨٩ - ١٨٥٤) يقوم بتجارب عديدة على المقاومات الكهربائية للفلزات المختلفة ، مثل النحاس ، الفضة ، الحديد ، وغيرها . وبعد عناء كبير ، وعلى الرغم من عمله في جو من الانعزالية بعيدا عن العلماء الآخرين ، فإنه توصل في عام ١٨٢٦ الى القانون الذي سمي فيما بعد بقانون أوم : فرق الجهد (أو التوتر الكهربائي) بين قطبي البطارية يساوي مقاومة السلك مضروبة بالتيار الذي يسري في هذا السلك . (التيار الكهربائي هو كمية الشحنة الكهربائية التي تمر عبر مقطع من السلك خلال وحدة من الزمن ، أي ثانية واحدة) . وهكذا فإن كل سلك له مقاومة معينة لاتتغير بتغير فرق الجهد أو التيار [illegible] . ثم قام أوم أيضا باشتقاق صيغة رياضية للتيار عندما تكون البطاريات موصولة بطريقة التسلسل أو بطريقة التوازي .

٤ - ٣ - ٣ : القوة الكهربائية المستحثة

في نفس الفترة كانت تجري في انجلترا تجارب مثيرة للاهتمام حول موضوع العلاقة بين الكهرباء والمغنطيسية . والعالم الأول في ذلك الموضوع هو العالم الانجليزي الشهير « ميكائيل فارادي » (١٧٩١ - ١٨٦٧) . نشأ (فارادي) في لندن وعمل في صباه في شركة لتجليد الكتب ، حيث أُتيحت له الفرصة لقراءة كتب عديدة عن الكيمياء والفيزياء . كما استمع الى محاضرات من الكيميائي المعروف آنذاك « ديفي » بعد ذلك عمل فارادي مساعدا لديفي في المعهد الملكي في لندن وتدرج في المكانة العلمية هناك حتى أصبح مديرا للمعهد في عام ١٨٢٥ . بعد بداية في التجارب الكيميائية ، بدأ فارادي بالتوجه نحو الكهرباء وتأثيراتها المغنطيسية . وكان مهتما كثيرا بتجربة أورستيد حول تأثير التيارات الكهربائية على الابرة المغنطيسية . لكن فارادي ، أراد أن تثبت المعول العكسي ، وهو تأثير المغنطيس ، سواء من أصل حديدي أو كهربائي ، على التيار . ولهذا الغرض أجرى تجارب عديدة ، منها أنه وضع وشيعة (Coil) أو ملفا (أ) مثلا تمر في مركزها حلقة حديدية ، وهي موصولة الى بطارية كهربائية (شكل ٩) . وعلى الجانب الآخر من الحلقة توجد وشيعة أخرى (ب) موصولة الى غالفانوميتر (جهاز القياس الجهد الكهربائي) . وتوقع (فارادي) أن التيار في وشيعة (أ) يولد مجالا مغنطيسيا ينتقل عبر الحلقة الحديدية الى وشيعة (ب) ويسبب تيارا فيها لكنه وجد لدهشته ، أن تيارا في وشيعة (ب) يمر فقط للحظة قصيرة عندما يوصل البطارية الى وشيعة (أ) ، أو عندما يفصل البطارية عنها . ولاحظ أيضا أن اتجاهي التيارين المستحثين (induced) في الوشيعة (ب) متعاكسان عند الوصل والفصل . توصل فارادي الى هذه النتيجة في عام ١٩٣٨ . وبعد بعض التأمل ، توصل الى التفسير الصحيح لهذه الظاهرة الهامة : إن فرق الجهد المستحث في الوشيعة (ب) يتناسب مع معدل تغير التدفق المغنطيسي (magnetic flux) المار عبر هذه الوشيعة . هذه المقولة تعرف الآن بقانون فارادي في الكهرطيسية . ورغم أن النتيجة تحمل في طياتها مبدأ المولد الكهربائي (Dynamo) إلا أن النتائج كانت ضعيفة في المقدار ، مما جعل فارادي يعتقد بعدم وجود تطبيقات عملية لها .



(شكل ٩)

تجربة (فارادي) للحصول على التيار المستحث . عندما يتغير التيار في وشيعة (أ) يظهر جهد في وشيعة (ب) .

وفي مجال ذكر أعمال فارادي الكهرطيسية ، لابد من الاشارة الى العالم الأمريكي « جوزيف هنري » (١٧٩٩ ـ ١٨٧٨) . كان هنري على اطلاع على أعمال أورستيد أمبير عن تأثيرات التيار المغنطيسية ، وأمضى وقتا طويلا في تصميم وتصنيع المغانط الكهربائية (electromagnets) . وخلال هذه التجارب يبدو أن هنري اكتشف قانون فارادي أو بعض أجزائه بطريقة مستقلة وبدون معرفة بأعمال فارادي ، كان ذلك في عام ١٨٣٠ ، أي قبل نشر فارادي لنتائجه بسنة كاملة . لكن هنري لم يقم بنشر نتائجه حتى عام ١٨٣٢ وبذلك خسر السبق العلمي لقرينة الانجليزي . بعد ذلك سافر هنري الى انجلترا حيث قابل فارادي ، ونشأت بينهما علاقة زمالة ودية .

وأسهم فارادي في تقديم وتثبيت مفهوم المجال الكهربائي (electric field) الذي تستعمله كثيرا في تدريس الفيزياء في أيامنا هذه . فهو لم يكن مرتاحا لمفهوم « التأثير عن بعد » الذي كان شائع الاستعمال في اوروبا آنذاك . بل كان يعتقد أن التنافر بين شحنتين كهربائيتين مثلا يحصل بالشكل التالي : الشحنة الأولى تؤثر على المادة المحيطة بها (حتى ولو كانت المادة هي الأثير) ، وينتج عن ذلك تشكل مجال كهربائي يمتد في الوسط المحيط . هذا المجال يمتد ويصل أخيرا الى الشحنة الأخرى فيدفعها بعيدا ، وسمّى الخطوط التي يتبعها المجال بخطوط القوة(lines of forces) . وهكذا فإن الجو المحيط بالشحنات الكهربائية أصبح ، في نظر فارادي ، معقدا جدا ، ويحتوي على عدد كبير من الخطوط المنحنية ، التي تساعدنا في النهاية على فهم التفاعل بين هذه الشحنات .

قام فارادي أيضا بدراسات عديدة عن الخواص الكهربائية للعوازل الكهربائية ، فوجد أنها تتغير في المجال الكهربائي . أعطى هذه المواد اسما جديدا في اللغة الانجليزية ، هو dielectrics . عند تطبيق مجال كهربائي على عازل ما ، فإن الشحنات الذرية الموجبة في العازل تنزاح في اتجاه المجال ، والشحنات السالبة تنزاح في عكس اتجاه المجال . وهكذا يولد المجال انفصالا بين الشحنات الموجبة والسالبة داخل العازل . ويعرف هذا الانفصال بالاستقطاب الكهربائي (electric polarization) .

٤ ـ ٣ ـ ٤ ـ معادلات (ماكسويل)

توجت أعمال وأفكار فارادي عن المجال الكهربائي والعوازل ، وهي ذات أسس تجريبية صلبة ، بأعمال ونتائج العالم السكوتلاندي العظيم « جيمس كليرك ماكسويل » (١٨٣١ ـ ١٨٧٩) وهي ذات صيغة نظرية رياضية رائعة . درس ماكسويل في جامعتي إدنبره وكيمبريدج . وكانت مواهبه النظرية والرياضية والتجريبية واضحة جدا لدى أساتذته وزملائه .

أحب ماكسويل أفكار فارادي عن تأثير المجال الكهربائي على العوازل ، وكيف أن المجال يولد استقطابا كهربائيا في شحنات هذه المادة . ثم أدخل ماكسويل فكرة جديدة حقا : إن تغير قيمة الاستقطاب الكهربائي من نقطة إلى نقطة داخل العازل يمكن أن يعتبر تيارا كهربائيا على قدم المساواة التامة مع التيار الكهربائي في النواقل . هذا التيار الجديد ، الذي سمي باسم « تيار الانزياح » يؤدي الى مجال مغنطيسي ، كما هو الحال مع التيار العادي .

وعندما وضع ماكسويل أفكار فارادي عن الموائع المستحدثة في صيغة رياضية مناسبة وأدخل تياره الجديد في الحساب ، وصل الى معادلات رياضية جديدة أصبحت تعرف بمعادلات ماكسويل (Maxwell equations) . هذه المعادلات تتألف من أربع معادلات تفاضلية جزئية تصف سلوك المجال الكهربائي والمجال المغنطيسي الناتجين عن الشحنات والتيارات الموجودة في النظام الفيزيائي في جميع الظروف المقبولة تقريبا . ولاتزال هذه المعادلات حتى يومنا هذا تشكل الأساس في معالجتنا لنظرية الكهرطيسية في كل الظروف العادية (الكلاسيكية) .

والأمر الهام هنا هو أن ماكسويل وجد أن المعادلات تؤدي ، من بين الحلول المتعددة ، الى حل موجي ، أي الى وضع تنتشر فيه المجالات الكهربائية المغنطيسية على شكل أمواج داخل المادة ، أي أمواج كهرطيسية ، ثم لاحظ ماكسويل أمرا على غاية الاهمية ، وهو أن سرعة هذه الأمواج في الفراغ (الأثير) هي تماما ٣×١٠^{٨} مترا في الثانية ، أي نفس سرعة الضوء في الفراغ . إذن الاستنتاج الفعلي : الضوء (في الفراغ) هو في الواقع أمواج كهرطيسية قصيرة الطول (حوالي ٥×١٠^{-٧}متر) وذات تردد عال جدا (حوالي ٥×١٠^{١٤} في الثانية) . إنه استنتاج مذهل حقا ، أثار بسرعة اهتمام المجتمع العلمي في أوروبا وأمريكا .

٤ ـ ٣ ـ ٥ : الأمواج الكهرطيسية

الأمواج الكهرطيسية التي تنبأ بها ماكسويل تم كشفها بعد خمسة عشر عاما تقريبا (١٨٨٨) من قبل العالم الألماني « هاينريخ هيرتز » (١٨٥٧ ـ ١٨٩٤) . عمل هيرتز خلال دراسته لشهادة الدكتوراة في الفيزياء تحت اشراف هيلمهولتز (انظر جزء ٤ ـ ٥) ، واقترح هذا على هيرتز العمل على كشف الأمواج الماكسويلية . لكن هيرتز فضل موضوعا آخر مضمون النتائج إلا انه عاد فيما بعد الى الاقتراح . ولَّد هيرتز الأمواج بواسطة تفريغ مكثف مشحون فعملية التفريغ تؤدي الى اهتزاز كهربائي في المكثف يؤدي بدوره الى أمواج تنتشر في الفراغ المحيط بالمكثف . واستعمل هيرتز كاشفا بسيطا يتألف من حلقة معدنية كاملة ، ماعدا فجوة صغيرة فيها ترس معلق به فجوةصغيرة فعندما ترتطم الأمواج بالحلقة ، يتولد فرق كهربائي عبر الفجوة ، يؤدي الى شرارة كهربائية عبرها .

كما أجرى هيرتز تجارب تداخلية ليتحقق من الخاصية الموجية لهذه الظاهرة . فعندما عكس الأمواج من سطح معدني ولاحظ تراكبها مع الأمواج الساقطة الأصلية ، وجد أن التراكب يؤدي الى نمط التداخل المألوف . كما قام بإجراء تجارب حيوية على هذه الأمواج . وكانت الخلاصة أن هذه الامواج لها نفس مواصفات الضوء ، فيما عدا أن طول موجتها كبير بالمقارنة مع الضوء العادي قال هيرتز : « إن الهدف من هذه التجارب هو اختبار الافتراضات الأساسية في نظرية فارادي ـ ماكسويل والنتائج تؤكد حقا هذه الافتراضات » .

وهكذا فإن ماكسويل وهيرتز نجحا خلال خمسة عشر عاما فقط في ضم علم الضوء ليصبح أحد فروع الكهرطيسية .

توفي الشاب هيرتز (٢٧ عاما) بعد ست سنوات فقط من اكتشافه العظيم ، ولم تتح له الفرصة ليرى التطبيقات الرائعة لأعماله في مجالات الاتصالات اللاسلكية التي حدثت في نهاية القرن ، ثم تطورت كثيرا في القرن العشرين (أمواج الراديو والتلفزيون وغيرهما) .

٥ - القرن العشرون (وأواخر القرن التاسع عشر)

تابعت الفيزياء تقدمها السريع في هذا القرن على مختلف الجبهات العلمية . ففي مجال الضوء والاشعاع الضوئي ، أدت أبحاث الطيف المتصل الى نتائج جديدة ، وهي أن الضوء نفسه يتكون من « ذرات ضوئية » أو فوتونات ، ذلك بالإضافة الى طبيعة الضوء الموجية . هذه النتائج تم الوصول اليها بفضل جهود بلانك وآينشتاين . وفي مجال البنية الذرية ، أدت أبحاث الأطياف الذرية (وبخاصة مع اكتشاف الإلكترون ، الجسم الدقيق الدائم الحضور) الى الكشف عن بنية الذرة على أنها نواة ثقيلة وموجبة في المركز والكترونات خفيفة وسالبة تدور حولها بسرعة . ثم تبين أن الجسيمات الدقيقة تمتلك خواص موجية أيضا (إضافة الى الخواص الجسيمية مما أدى الى اكتشاف ميكانيك الكم أو الميكانيك الموجي) . هذه التطورات تمت بفضل جهود عدد كبير من العلماء على رأسهم رذرفورد وبوهر وشرودينغر .

كما حصل في هذا القرن التعرف على النواة الذرية للمرة الأولى في التاريخ . كانت مشاهدة بالصدفة من قبل بيكيريل ، لكنها تمت وتطورت على أيدي مدام كيوري ورذرفورد ومن تلاهم لتصبح فيزياء النواة مجالا علميا واسع النطاق . فقد تم الكشف عن طبيعة وتركيب النواة ، التي تبين أنها تتكون من عدد من البروتونات الموجبة والنيوترونات الموجبة والنيوترونات الحيادية ، مترابطة بواسطة قوة نووية مرتفعة الشدة . وباستخدام التفاعلات النووية المختلفة ، تمكن الانسان من صنع تجهيزات وأدوات جديدة لم يكن يحلم بها من قبل مثل المفاعلات النووية والقنابل النووية .

كما تمكن العالم العظيم آينشتاين في وقت مبكر من القرن من اكتشاف النظرية النسبية ، التي أدت الى تغييرات جذرية في مفاهيم أساسية في الفيزياء . فحسب هذه النظرية ، التي تم اختبار صحتها في مجالات مختلفة تم الغاء مفاهيم الزمن المطلق والأطوال المطلقة للأجسام والكتلة المطلقة لجسم ما ، على سبيل المثال . فالزمن (بين حادثين) والطول والكتلة تعتمد على الراصد الذي يقوم بالقياس ، وبالذات على سرعته . كما أدت هذه النظرية ، على بساطتها في البداية ، الى مفاهيم جديدة في منتهى الغرابة والفائدة العلمية في الوقت نفسه مثل تكافؤ الكتلة والطاقة . وبواسطة هذا المفهوم نستطيع أن نفهم الآن كيف تتولد الطاقة الهائلة في الشمس والنجوم .

٥ - ١ : الطيف المتصل والفوتون

٥ - ١ - ١ : الطيف المتصل (إشعاع السطح الاسود)

لقد أصبح معروفا في نهاية القرن التاسع عشر أن الأجسام الحارة (الساخنة) تصدر إشعاعات ضوئية وأن أطياف هذه الاشعاعات تعتمد على حالة طبيعة هذه الاجسام . فالأجسام الجامدةوالسائلة تعطي أطيافا متصلة أو

مستمرة (Continuous) في حين أن الغازات تعطي أطيافا متقطعة أو منفصلة (discrete) . إن دراسة الأطياف المتصلة هي التي أدت الى اكتشاف الفوتون ، كما سنرى الآن .

إن أي جسم كقطعة من الحديدمثلا ، يصدر عند درجة الحرارة العادية ، إشعاعا كهرطيسيا على شكل موجات كهرطيسية ، حسب رأي ماكسويل لكننا لانرى هذا الاشعاع لكونه يقع في المنطقة تحت الحمراء ، حيث أن طول الموجة كبيرة لدرجة لاتراه العين . لكن اذا سخنت قطعة الحديد ، كما في السخانة الكهربائية ، الى حوالي ٥٠٠ د . م (درجة مئوية) فإنها تصبح حمراء اللون ، لأنها تشع الآن قسما من الاشعاع في المنطقة المرئية . واذا استمر تسخينها ، فان القطعة تبدو بيضاء اللون لأن إشعاعها يغطي معظم المنطقة المرئية . ولو مررنا الضوء الصادر من هذا الجسم الجامد عبر موشور زجاجي لتحليله (أي الضوء) موجيا ، لوجدنا أن الطيف يغطي جميع الموجات (الألوان) وبدون أي انقطاع . هذا هو الطيف المتصل .

وهناك طيف متصل آخر مألوف لدينا تماما ، وهو طيف الاشعاع الشمسي . هذا الطيف مستمر لأنه يصدر من سطح الشمس حيث الكثافة العالية ، التي تقترب من خواص الجوامد والسوائل من هذه الناحية .

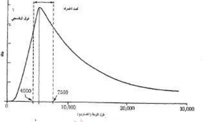
يلاحظ من الشكل (١٠) الذي يبين توزيع القدرة الاشعاعية بين الموجات المختلفة أن القدرة تبلغ ذروتها عند اللون الأخضر (طول موجة ٥٠٠٠ أنغستروم) لكن المنطقة المرئية كلها (من ٤٠٠٠ ـ ٧٠٠٠) أنغستروم ممثلة تماما في هذه الأشعة . كما يلاحظ أن جزءا من الأشعة الشمسية يقع خارج المنطقة المرئية : في الموجات القصيرة (أقل من ٤٠٠٠ أنغستروم) المعروفة بالمنطقة فوق البنفسجية ، وفي الموجات الطويلة (اكثر من ٧٠٠٠ أنغستروم) المعروفة بالمنطقة تحت الحمراء .

لقد كان هناك اهتمام كبير بالتوصل الى اشتقاق رياضي للمنحنى الطيفي المبين ، وذلك على أساس النظريات السائدة في ذلك الحين ، أي قوانين الميكانيك والثيرموديناميك ونظرية ماكسويل الكهرطيسية . ولتسهيل الموضوع من الناحية النظرية ، تركز الاهتمام على ماسمي بالسطح الأسود المثالي (deal black surface) ، لأنه السطح الذي يمتص كل الاشعاع الساقط عليه ، كما له قدرة كبيرة على الاشعاع من ذاته .

وقد استطاع الفيزيائيون أن يشتقوا قانونين هامين في هذا المجال تم التحقق منهما تجريبيا :

١ ـ <u>قانون ستيفان ـ بولتزمان</u> : ويقول هذا بأن الطاقة الاشعاعية التي تصدر من وحدة مساحة في السطح في الثانية (أي معدل الطاقة الاشعاعية ، أو القدرة الاشعاعية) تتناسب مع درجة الحرارة المطلقة للسطح مرفوعة الى أس (قوة) ٤ . وهكذا فإن القدرة الكلية (التي تغطي جميع الموجات الصادرة من الجسم) تزداد بصورة سريعة جدا مع درجة الحرارة للسطح .

٢ ـ <u>قانون فين الانزياحي</u> : ويقول بأن المنحنى الطيفي يبلغ ذروته عند طول موجة معينة ، وأن طول هذه الموجة يتناسب عكسا مع درجة حرارة السطح . وهكذا فعندما ترتفع درجة الحرارة ينزاح الشكل نحو الموجات القصيرة



(شكل ١٠)
توزيع الطاقة في الاشعاع الشمسي (عند ٦٠٠٠ درجة مئوية) على الاطوال الموجية . التوزيع يبلغ الذروة عند الطول ٥٠٠٠ أنغستروم ، الموافق للون الأخضر .

وقد حاول فيزيائيون كثيرون من فيهم رايلي وجينز من انجلترا وآخرون من ألمانيا ، أن يتوصلوا الى قانون كامل يعطي للمنحنى الطيفي بكامله ، وليس فقط القانونين المذكورين ولكن المحاولات كلها باءت بالفشل ، رغم جهود استمرت ، مايقرب من عشرين عاما .

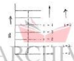
٥ - ١ - ٢ : فرضية (بلانك) الكمية :

عندما وصلت هذه الجهود الى طريق مسدود ، تقدم العالم الألماني « ماكس بلانك » (١٨٥٨ - ١٩٤٧) في عام ١٩٠٠ بنظرية (أو طريقة) جديدة تعطي وصفا كاملا للمنحنى الطيفي لاشعاع السطح الأسود . لكن النظريةانطوت على بعض المفاهيم الغريبة التي تتناقض صراحة مع المفاهيم التقليدية .

يمكن شرح نظرية بلانك بالطريقة التالية . إن الاشعاع الضوئي (الكهرطيسي) ناتج عن اهتزاز جسيمات هزازة (oscillators)مشحونة كهربائيا واقعة قرب السطح وتهتز بتردد معين ، وليكن (تر) إذ تردد الاشعاع الصادر هو نفس تردد الهزازات . هذه الأفكار كانت معروفة ومقبولة آنذاك ، وهي التي قدمت لشرح الأمواج الكهرطيسية التي رصدها هيرتز .

لكن لكي يستطيع شرح طيف الاشعاع للسطح الأسود ، وجد بلانك نفسه مضطرا الى افتراض مفهومين جديدين .

الاول : أن طاقة كل من الهزازات مكممة (مكيلة) (quantized) بالشكل التالي . الطاقة التي يمكن أن يمتلكها الهزاز هي طا = ن × هـ × تر ، حيث (ن) عدد صحيح (أي ١ ، ٢ ، . . .) وحيث هـ ثابت عالمي يدعى ثابت بلانك (هـ = ٦,٦٢ × ١٠^-٣٤ جول × ثا) و (تر) هو تردد الهزاز ، كما ذكرنا . هكذا لايمكن للهزاز أن يملك طاقة كسرية مثل ٢,٥ هـ × تر . هذه التكميمية في الطاقة لم تكن معروفة أو مقبولة قبلئذ ، اذ كان يعتقد بأن الهزاز ، كأي نظام فيزيائي آخر ، يمكن له أن يمتلك أية طاقة مرغوبة الأمر يحتاج فقط الى زيادة سعة الاهتزاز . لكن بلانك افترض غير ذلك وهو أن مستويات الطاقة المسموح بها تشكل سلما منتظما (متساوي الدرجات) . شكل (١١ - أ) وهكذا فإن بلانك قد قام بتكميم الطاقة لنظام ميكانيكي للمرة الأولى في تاريخ الفيزياء .



شكل (١١) أ

(أ) سلم الطاقة المسموح للهزاز المتذبذب ، حسب نظرية (بلانك) . (ب) رسم لجهاز الخلية الكهرضوئية . الاشعاع الساقط يحرر الالكترونات من فلز الانود ، حيث تتوجه الالكترونات (بسبب المجال الكهربائي) نحو الأنود . هكذا يجري تيار في الدائرة ، ويستدل عليه بواسطة جهاز الأميتر .

الثاني : الهزاز يشع فقط عندما ينتقل من مستوى (طاقي) الى مستوى آخرى واقع تحته مباشرة . والطاقة الصادرة تساوي عندئذ هـ × تر . كما يستطيع الهزاز امتصاص كمية من الطاقة هـ × تر من إشعاع مناسب وينتقل الى المستوى الاعلى مباشرة على سلم الطاقة . وهكذا فإن التفاعل بين الهزاز المادي والاشعاع يتم بواسطة تبادل وحدات مكممة من الطاقة ، تعادل هـ × تر أو عديد صحيح منها ، كما يتبادل الناس وحدات النقود (الدنانير مثلا) .

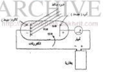
هذه الفرضية كانت أيضا خارجة عن المفاهيم الفيزيائية السائدة عندئذ ، إذ كان يعتقد بأن الاشعاع لابد أن يصدر عن الهزاز باستمرار وبكميات مستمرة خلال حركته .

لكن يلاحظ أن الفرضيتين اللتين قدمها بلانك منسجمتان مع بعضهما تماما . فالأولى تقود الى الثانية بصورة منطقية .

ورغم نجاحه في معالجة طيف السطح الأسود ، فإن بلانك لم يكن سعيداً بما حدث ، إذ أن مفاهيمه الجديدة تشكل ضربة قاسية للنظرية التقليدية التي بدأ الفيزيائيون يشعرون بالارتياح إليها كطريقة شاملة تعطي وصفا دقيقا وكاملا لجميع الظواهر الفيزيائية . ورغم محاولاته اللاحقة التي امتدت سنوات طويلة ، فإن بلانك لم يستطع أن يجد بديلا « مناسبا لمفاهيمه الجديدة . بل أكثر من فاننا سنرى أن الأجيال القادمة سترسخ هذه المفاهيم وتعممها على نظم فيزيائية أخرى ، غير التي عالجها بلانك . أما عن حياة بلانك ، فانه نشأ في ميونيخ ودرس في جامعتها ، ثم انتقل الى جامعة برلين حيث أتم دراساته العليا تحت اشراف « هيلمولتز وكيركوف » . نال بلانك جائزة نوبل في ١٩١٨ .

٥ ـ ١ ـ ٣ : التأثير الكهرضوئي والفوتون :

لقيت مفاهيم بلانك دعما قويا عندما نشر عالم شاب مغمور آنذاك اسمه « أينشتاين » في عام ١٩٠٥ . نظريته في شرح ظاهرة التأثير الكهرضوئي (photoelectric effect) . يتألف الجهاز التجريبي هنا (شكل ـ ب) ببساطة من أنبوب زجاجي مفرغ ، توجد فيه صفيحتان معدنيتان موصولتان الى قطبي بطارية . وفي الحالة العادية ، لايمر تيار في هذه الدائرة الكهربائية (المعروفة بدائرة الخلية) ، لأنها مفصولة بسبب الانقطاع الكهربائي في الأنبوب المفرغ . لكن وجد أنه اذا عرضت الصفيحة الكاثودية (الكاثود) الى أشعة ضوئية من ألوان (ترددات معينة فان تيارا كهربائيا يسرى في الدائرة .



شكل (١١) ب

من ناحية المبدأ ، ليس هناك صعوبة في تفسير هذه الظاهرة . الأشعة الضوئية تحمل طاقة (كهرطيسية أو كهرضوئية) ، وعندما تصطدم هذه مع الالكترونات الموجودة في الفلز ، فإن الالكترونات تمتص جزءا من طاقة الاشعاع مما يكفي لتحرير هذه الالكترونات من الفلز (الطاقة اللازمة لتحرير الالكترون من فلز ماتدعى « دالة الشغل » ، وتعتمد قيمتها على طبيعة الفلز ـ كان جسيم الالكترون معروفا عندئذ ـ (انظر جزء ٥ ـ ٣) . هذه الالكترونات تنطلق هكذا من الكاثود الى الأنود (الصفيحة الموجبة) وتكمل دورتها حول الدائرة ، فهي الجسيمات المشحونة التي تحمل التيار .

ولكن خلال دراسة الجوانب المختلفة لهذه الظاهرة والتي أجرى معظمها الفيزيائي « لينارد » لوحظ شيء آخر مثير حقا ، وهو أنه اذا أنقصنا تردد الاشعاع تدريجيا (أي غيرنا اللون في اتجاه اللون الأحمر) فإن التيار يتوقف فجأة عند تردد معين (تردد العتبة) . هذا التوقف الفجائي لايمكن شرحه في إطار النظرية التقليدية . فهذه تقول بأن الاشعاع يؤثر على الالكترون (من خلال المجال الكهرطيسي للإشعاع) ويهيجه (يثيره) تدريجيا ، ويعطيه طاقة إضافية بشكل مستمر . وطبقا لهذه النظرية ، فإن الالكترون سيحصل بعد مرور وقت كاف ، على الطاقة الكافية اللازمة لتحريره من سطح الفلز ، دون أن يتأثر ذلك بالتردد . لكن التجربة كانت مخالفة تماما لهذا المنطق الكلاسيكي .

أما تفسير آينشتاين للظاهرة فهو مختلف تماما ، كان هذا على اطلاع تام على نظرية بلانك الكمومية للهزازات الميكانيكية وتأثير ذلك على التفاعل بين المادة والاشعاع الكهرطيسي . وتساءل آينشتاين : ماذا لوكانت الطاقة الاشعاعية مكممة أيضا ؟ وهكذا افترض آينشتاين أن الشعاع الضوئي (الساقط على الكاثود) هو عبارة عن سيل من ذرات ضوئية كل منها يحمل طاقة بمقدار طا = هـ × تر . هذه « الذرة » الضوئية سميت فيما بعد بالفوتون (photon) . واضاف آينشتاين الى هذا التحليل أنه عندما تصطدم الفوتونات بالالكترونات ، داخل الفلز ، فإن الفوتون يختفي ويعطي كامل طاقته الى الكترون واحد . هذا الالكترون يستخدم عندئذ جزءا من هذه الطاقة ، أو كلها ليتحرر من الفلز ويغادر سطحه مكملا الدائرة الكهربائية وليس ضروريا أن تختفي كل الفوتونات بهذه الطريقة ، بل جزء كبير منها على الأقل .

وطبقا لهذا النموذج ، يمكن شرح توقف التيار الفجائي عند تردد معين بالطريقة المنطقية الآتية : عندما يتناقص التردد الى حد معين فإن طاقة الفوتون (هـ × تر) التي تعطي الالكترون ليست كافية لتحرير الالكترون من سطح الفلز . وبالفعل فإن نموذج آينشتاين أعطى شرحا مقنعا ومرضيا لظاهرة التأثير الكهرضوئي ، بدون تعارض مع أي من التجارب المتعلقة بالموضوع (شكل ١٢) .

لكن طرح آينشتاين أثار اعتراضات وانتقادات عديدة من قبل قسم كبير من فيزيائي تلك الفترة ، بمن فيهم بلانك نفسه : وتتركز معظم الانتقادات على أن المفهوم الذري أو الجسيمي للضوء يتعارض منطقيا أو تخيليا مع تصورنا للضوء على أنه أمواج مستمرة وانسيابية كما أثبتت تجارب التداخل والحيود والاستقطاب وغيرها . كيف نستطيع أن نتخيل وجود هذه الخواص اذا كان الضوء عبارة عن جسيمات متقطعة منتثرة في الشعاع الضوئي ؟

الواقع هو أن آينشتاين كان مدركا لهذا الشعور ومتعاطفا مع النظرية الجسيمية ، وجادل منطقيا منذ البداية، بعد تقديم إطروحات مخلصة عن أعمال ماكسويل، بأن النظرية التقليدية الموجية تشكلت نتيجة مشاهدات ورصودات على ظواهر مألوفة وعيانية. هذه الظواهر هي التي كونت حسّنا العام البوهي عن الضوء. أما عندما نبحث في التفاعلات على الجسيمات الدقيقة، كتلك التي بين الالكترونات والفوتونات، فإننا قد نقابل بظواهر جديدة تتعارض مع حسّنا العام المحدود. هذا النوع من التفكير التوفيقي، الذي بدأه آينشتاين، بين الفيزياء التقليدية والفيزياء الحديثة ينطبق كما نعلم الآن على جميع المجالات الفيزيائية وليس مجال الضوء فقط.



(شكل ١٢)
تمثيل النموذج (آينشتاين) الفوتوني للضوء . حيث يطلق الضوء من (ذرات) فوتونية سريعة تنقل الطاقة الضوئية . عندما ازداد شدة الضوء (أسفل) ازداد كمية الفوتونات .

ولإعطاء تصور شامل لهذا الفوتون العجيب، طور الفيزيائيون مفهوما (نموذجا) جديدا للفوتون. هذا المفهوم يدعى بمفهوم «الازدواجية الموجية الجسيمية» (duality Wave-particle). فالفوتون في الواقع، حسب هذا المفهوم، هو موجة وجسيم في آن واحد، أي يمتلك كلتا الخاصتين. وليس هناك تعارض في ذلك. ففي بعض التجارب، مثل تجارب التداخل، يظهر الفوتون خواصه الموجية فقط. وفي تجارب أخرى، مثل الظاهرة الكهروضوئية، يظهر الفوتون جوانبه الجسيمية. فالإنسان الواحد مثلا، يظهر العواطف (الخصائص) الودية مع أقاربه وأصدقائه وقد يظهر العواطف (الخصائص) العدوانية والتوحشية أحيانا مع خصومه ومع أعدائه. إنه الشخص ذاته.

وقد حصل أينشتاين من هذا العمل على جائزة نوبل في عام ١٩٢١. هذا وقد ترسخ مفهوم الفوتون الى حد أكبر من ذلك عندما قام العالم الأمريكي «كومبتون» في عام ١٩٢٣ بإجراء تجارب عن اصطدام الأشعة السينية مع الإلكترونات الموجودة في ذرات المواد الفلزية. لقد أثبتت قياساته على الإلكترونات والأشعة المتناثرة (المستطيرة) نتيجة للتصادم أن فوتونات الأشعة السينية تسلك بالفعل سلوكا جسيميا تاما.

٥ - ٢ - الأطياف الذرية :

٥ - ٢ - ١ : السلاسل الطيفية :

رأينا سابقا من دراسات كيركوف وغيره ان الغازات عند التسخين تعطي أطيافا خطية متقطعة من الإشعاع (انظر ٤ - ٢ - ٣). إن الدراسة المتعمقة لهذه الأطياف الخطية أدت تدريجيا الى تفهم التركيب (البنية) الحقيقي للذرة، كما سنرى في الصفحات التالية.

عند دراسة أنماط توزيع الخطوط الطيفية (الموزعة على مقياس طول الموجة) للغازات المختلفة لم يجد العلماء في البداية اي نظام او انتظام (order) يربط بين هذه الخطوط فالخطوط بدت موزعة بشكل كيفي ومعقد وغير واضح، بدون علاقة بين نمط طيفي لغاز ما ونمط غاز آخر. هكذا كان الوضع في حوالي عام ١٨٨٠ حين شعر علماء الأطياف بالضياع وسط هذه الغابة من الخطوط وتكهن البعض بأنه لابد من «رسالة» وراء هذه الخطوط، تتعلق ببنية الذرة لكنها رسالة «مكتوبة» برموز غير معروفة آنذاك.

وفي عام ١٨٨٥ نشر مدرس سويسري مغمور يدعى «جون بالمر» نشرة بسيطة تتعلق بالطيف الخطي للهيدروجين. وأعطى علاقة رياضية بين أطوال موجات الخطوط على الشكل التالي :

$$\text{طم} = \text{ب} \left(\frac{\text{ن}^{2}}{\text{ن}^{2} - {}^{2}\text{٢}} \right)$$

حيث طم هو طول الموجة، ب ثابت يساوي ٣٦٤٥,٦ أنغستروم، ون هو عدد صحيح يجوز له أن يساوي ٣، أو٤، أو٥، أو٦، ... الخ.

وأوضح بالمر أن تبديل القيم المختلفة للعدد (ن) يسمح للمعادلة بإعطاء أمواج الخطوط المختلفة في الطيف. مثلا القيمة ن = ٣ تعطي طم = (٦٥٦٢) أنغستروم وهو خط في المنطقة الحمراء والقيمة ن = ٤ تعطي خطا في المنطقة الخضراء، ون = ٥ يعطي خطا في الزرقاء، وهكذا، كل هذه الخطوط الواقعة في المنطقة المرئية، كانت معروفة تجريبيا قبل نشرة بالمر. لكنه تكهن في نشرته بوجود خطوط اخرى مرتبطة بقيم ن اكبر من (٥)، ومن ثم واقعة في المنطقة فوق البنفسجية. هذه الخطوط جرى اكتشافها سريعا بعد النشرة، وفي نفس الأماكن التي حددتها صيغة بالمر. هذه المجموعة من الخطوط، من أولها الى آخرها، تشكل ما يدعى بسلسلة بالمر (Balmer series) للهيدروجين.

تنبأ بالمر أيضا في نشرته المتواضعة بوجود سلاسل اخرى للهيدروجين، تقع في مناطق اخرى من الطيف، وموصوفة بواسطة صيغ مشابهة لتلك التي قدمها، وقد تم الاكتشاف التجريبي لعدد من هذه السلاسل على مدى عدة عقود من الزمن: سلسلة لايمان (فوق بنفسجية)، ١٩٠٦ ـ ١٩١٤، سلسلة باشن (تحت الحمراء)، ١٩٠٨، وسلسلة (براكيت) (تحت الحمراء) ١٩٢٢. هكذا، إن سلسلة بالمر هي الوحيدة التي تقع في المنطقة المرئية، الأمر الذي ساعد على اكتشافها قبل غيرها. انها صدفة محظوظة.

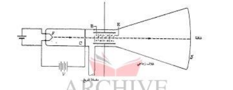
كما أشار بالمر الى احتمال استعمال طريقة مشابهة وموسعة في وصف اطياف الغازات الأخرى، إضافة الى الهيدروجين. وتم تحقيق تقدم كبير في هذا الاتجاه في الثلاثين أو الاربعين عاما التي تلت عمل بالمر. لكن رغم هذا كله، فإن المبدأ (الروح) الاساسي للطريقة بقي تجريبياً بحتا بدون أن يفهم الفيزيائيون الأسس النظرية التي تكمن وراء هذه الصيغ والمعادلات. إنها نفس الطريقة التي كان كبلر قد استعملها عندما صاغ قوانينه حول حركة الكواكب (انظر جزء ١ ـ ٧).

وللوصول الى تلك النظرية كان لابد من الالتفات اكثر الى البنية الحقيقية للجسيم الذي يصدر هذه الخطوط الإشعاعية في الدرجة الأولى ـ أي الذرة نفسها. ولكن قبل ذلك يجب أن نعود قليلا الى الوراء ونتحدث عن الجسيم الأهم في عالمنا كله، الا وهو الإلكترون.

٥ ـ ٣ : الأشعة الكاثودية ـ الإلكترون ـ الأشعة السينية :

في الربع الأخير من القرن التاسع عشر كانت هناك دراسات عديدة عن موضوع تفريغ الغازات (gas discharges). يؤخذ أنبوب زجاجي مليء بالهواء أو بغاز آخر، وتوصل صفيحتا الأنبوب الى عدد من البطاريات لإعطاء فرق جهد عال، قد يبلغ آلاف الفولطات. ثم نبدأ بتخفيض الضغط الغازي في الأنبوب تدريجيا، ونرصد ما يحصل في الأنبوب (شكل ١٣). نلاحظ في البداية أن الغاز يبدأ بالتوهج بأنماط وألوان غريبة، حيث يتوزع التوهج على مناطق مختلفة من الأنبوب. لكن يلاحظ أنه اذا انخفض الضغط الى مقدار قليل جدا (حوالي ١٠ ميليمتر من الزئبق) فان الأنبوب يصبح مظلما تماما، ماعدا بقعة صفراء ـ خضراء تتفلور (تتألق) على سطح الزجاج في الجهة المقابلة للكاثود، أي بالقرب من الأنود. وإذا عكسنا استقطاب الكاثود ـ والأنود، نلاحظ ان البقعة المتفلورة تنتقل

الى المنطقة المقابلة للكاثود الجديد. واذا أدخلت صفائح معدنية حاجبة في الطريق، فإن ظلالاً واضحة تتشكل على البقعة المضيئة من كل هذه الدلائل تم الاستنتاج بأن جسيمات، من نوع ما، تصدر من الكاثود وتسير في خط شبه مستقيم الى أن تصطدم بالزجاج على الطرف الآخر وتسبب توهجا في هذا الزجاج. هذه الأشعة الجديدة سميت، منطقيا، بالاشعة الكاثودية. كثير من هذا النوع من التجارب تم في مختبري العالم الانجليزي كروك والعالم الألماني لينارد حوالي عام ١٨٨٠.



(شكل ١٣)
توضيح لجهاز أنبوب التفريغ الغازي. الالكترونات تنطلق من الكاثود الساخنة على اليسار وتتسارع بسبب جهد كهربائي، ثم تمر عبر مجال كهربائي و/أو مجال مغنطيسي.

وقد لاحظ كروك خلال تجاربه أن وجود المجال المغنطيسي يؤدي الى حرف الاشعة الكاثودية، عندما تمر الأشعة خلاله. هذا يعني ان الأشعة لها شحنة كهربائية، وان هذه الشحنة هي في الواقع سالبة، ذلك ان المجال المغنطيسي لا يؤدي الى حرف الاشعة اذا كانت حيادية الشحنة.

وخلال تجارب مماثلة، اكتشف العالم الالماني «فيلهلم رونتغن» (١٨٤٥ ـ ١٩٢٣) أشعة جديدة غريبة، تصدر عن الأنود نفسه عندما تصطدم به الاشعة الكاثودية. هذه الاشعة الجديدة سميت بالاشعة السينية (X rays)، لعدم معرفة طبيعتها في ذلك الوقت. لكنه كان واضحا أن الاشعة السينية تختلف عن الكاثودية، لأن الأولى تستطيع اختراق معظم المواد العادية مثل الخشب او الزجاج او غيرهما (ماعدا المعادن الثقيلة) ـ بدون قدر كبير من الامتصاص. وعندما تمر الاشعة السينية في اليد فإنها «ترسم» على الشاشة الفلورية خيالا واضحا للهيكل العظمي لليد. لكل هذه الاسباب، لاقت هذه الاشعة اهتماما عالميا واسعا وخصوصا في المجالات الطبية. ونال رونتغن اول جائزة نوبل في الفيزياء، في عام ١٩٠١، تقديرا على اكتشافه العظيم.

أما من حيث طبيعتها، فإن الاشعة السينية لا تنحرف في المجال المغنطيسي، مما يعني أنها لا تحمل شحنة كهربائية. ولهذه الاشعة ميزة اخرى، وهي أنها تستطيع إحداث تأين (ionization) في الغازات (في أنبوب تفريغ) بسهولة وجعلها ناقلة للكهرباء.

هذه الأبحاث حول الأشعة الكهربائية تُوِّجت أخيرا بأعمال العالم الانجليزي العظيم « جوزيف تومسون »، أو جي . جي . تومسون، كما كان معروفا لدى مساعديه المحبين، (١٨٥٦ - ١٩٤٠). نشأ تومسون في مدينة مانشستر، حيث كان والده ناشرا، ودرس الهندسة، مظهرا تفوقا واضحا في الرياضيات والفيزياء. ثم اكمل دراسته العالية في كيمبريدج، حيث عمل في مختبر كافنديش الشهير، الذي انشأه ماكسويل واداره بعده لورد رايلي بدأ تومسون عمله تحت إشراف هذا العالم الأخير. وفي عام ١٨٩٤، أصبح مديرا للمختبر وأنشأ مدرسة فيزيائية متميزة خرجت عددا كبيرا من العلماء المشهورين تحت ادارة وأشراف «جي جي» الذي كان عميد الفيزيائيين الانجليزيين في عصره.

بدأ تومسون العمل في مجال التفريغ الغازي في عام ١٨٨٦، وظل يعمل في المجال نفسه لمدة حوالي خمسين عاما. واجرى تجارب لا تحصى في هذا المجال.

كان الهم الأول لتومسون هو معرفة طبيعة الاشعة الكاثودية ذات الشحنة السالبة كما لاحظنا. وهي على الارجح جسيمات وليست موجات لأنها لا تعاني حيودا أثناء سيرها لكن ما هي خواص هذا الجسيم، أي كتلته وشحنته، التي تتكون منه هذه الاشعة؟ لم يكن من السهل الاجابة على هذين السؤالين بشكل دقيق. بعد تفكير طويل، أجرى تومسون تجربة حاسمة في هذا المجال. لقد جعل الأشعة تمر عبر مجال كهربائي يقوم بحرفها الى الأعلى أو الأسفل ثم عبر مجال مغناطيسي يحرفها في الاتجاه المعاكس. ومن قياسات المجالين اللازمين كي يكون الانحرافان متساويين ومتعاكسين تماما بحيث تسير الاشعة في خط مستقيم بدون انحراف، استطاع تومسون أن لاحسب نسبة شحنة الجسيم الى كتلته أو (شح/ك) هذا الجسيم هو ما سمي بالألكترون فيما بعد، أما النسبة فتساوي ١,٧٦ × ١٠٠ كولومب /كيلوغرام .

لوحظ أن النسبة شح/ك للإلكترون مرتفعة جدا، مما يعني ان هذا الجسيم خفيف (قليل الكتلة) بالفعل. لكن كانت هناك ضرورة لمعرفة كل من الشحنة والكتلة على حدة، وليس مجرد النسبة بينهما. هذا العمل قام به العالم الامريكي (ميليكان) في الفترة (١٩٠٧ - ١٩١٣) . واستطاع في سلسلة من التجارب (بواسطة قطرات الزيت) التي اصبحت كلاسيكية في التدريس الجامعي هذه الأيام، تحديد قيمة شحنة الالكترون بالقيمة ١,٦×١٠ كولومب. ومن ثم فإن الكتلة تحدد بالقيمة ٩,١×١٠كغ . من هذا تبين ان الإلكترون له نفس شحنة أيون الهيدروجين ولكن كتلته (الإلكترون) أقل بحوالي ٢٠٠٠ مرة. إنه جسيم خفيف حقا.

بعد هذه الصورة عن الإلكترون، نستطيع أن نفهم بسهولة ما يحصل في أنبوب الأشعة الكاثودية، أو في عملية تفريغ الغازات. إن المجال الكهربائي العالي الموجود في الأنبوب الى تحرير الكترونات من سطح الكاثود. وتتسارع

هذه الالكترونات السالبة في عكس اتجاه المجال الكهربائي . أي من الكاثود الى الأنود، وتكتسب سرعات عالية جدا بسبب وجود هذا المجال وتصطدم هذه الالكترونات السريعة بالذرات الغازية وتؤدي الى تهيجها او حتى تأينها في حالة التفريغ الغازي، وعندما تعود هذه الذرات الى حالاتها النظامية تطلق الاشعاعات ذات الألوان المختلفة التي ذكرناها . وفي حالة غياب هذه الغازات، تصطدم الالكترونات المسرعة بسطح الانود وتؤدي الى اثارة وتهييج ذرات المادة في فلز هذا السطح . وعندما تعود هذه الذرات الى حالاتها المستقرة تطلق الاشعة السينية .

وتقديرا لاعمال تومسون على الالكترون، نال جائزة نوبل في عام ١٩٠٦ . كما نال ميليكان نفس الجائزة في عام ١٩٢٣ . لتحديده قيمة الشحنة الالكترونية .

٥ ـ ٤ : البنية الذرية وميكانيكـ ـتهم :

ما هي البنية الحقيقية للذرة؟ كان هذا هو السؤال الملح في بداية القرن العشرين، حين كان معروفا بأن الذرة ككل هي حيادية الشحنة، وانه يمكن فصل الكترونات سالبة عنها، لتترك وراءها ايونات موجبة . ولكن كيف تتداخل وتتعاون هذه الشحنات المختلفة في بناء الذرة الكاملة؟

كان من الطبيعي أن يقدم تومسون على اعطاء نموذج للذرة، لانهماكه التام في الموضوع تخيل تومسون ان الذرة تتألف من «مائع» موجب الشحنة يملأ حجم الذرة الكروية الشكل فيها تتناثر «الحبيبات» الالكترونية الحقيقة سالبة الشحنة داخل هذه الكرة . الذرة في ذلك تشبه البطيخة الحمراء، حيث يمثل القسم الاحمر المائع الموجب وتمثل البذور دور الالكترونات . ومع بعض النجاح في اعطاء نوع من التصور عن الذرة، إلا أن هذا النموذج لم ينجح في إقناع الكثيرين بصحته

٥ ـ ٤ ـ ١ : نموذج رذرفورد الذري :

القفزة الكبرى في بناء النموذج الذري حصلت بسبب جهود الفيزيائي النيوزيلاندي « أرنست رذرفورد » (١٨٧١ ـ ١٩٣٧) . عمل رذرفورد في البداية كمساعد لتومسون ثم انتقل الى كندا، حيث اكتسب شهرة عن اعماله في اشعاعات جديدة، تدعى الاشعاعات النووية . ثم انتقل في عام ١٩٠٧ الى جامعة مانشستر في انجلترا حيث تابع ابحاثه عن هذه الاشعاعات في محاولة منه لاختبار نموذج تومسون الذري . قام باستخدام أحد انواع الاشعاعات النووية . وهو جسيم ألفا (α) . هذا الجسيم ثقيل (حوالي أربعة أضعاف ذرة الهيدروجين) وله شحنة موجبة تساوي ضعف شحنة الالكترون في المقدار، كما كان معروفا في ذلك الوقت . كما أن هذا الجسيم يصدر بسرعات عالية تجعله يخترق صفائح رقيقة من الفلزات بكل سهولة . وفكر رذرفورد بعمل التجربة التالية : توجه حزمة من اشعاع ألفا على صفيحة رقيقة من فلز الذهب (شكل ١٤) وحين تصطدم هذه الجسيمات مع ذرات الذهب داخل الصفيحة تتناثر جسيمات الفا في اتجاه وشدة يدلان على طريقة التفاعل بين جسيم ألفا والذرة، وبالتالي على تركيب الذرة نفسها (ترصد الجسيمات المتناثرة على شاشة مغلورة من كبريت الزينك) . وقد قام (رذرفورد) مع مساعديه

بتجارب كثيرة من هذا النوع حيث كانوا ينوعون فلزات الصفائح ومصادر الحزمة الاشعاعية ويسجلون النتائج عن نسبة الجسيمات المبعثرة كتابع لزاوية الانتثار.



(شكل ١٤)

توضيح التجربة (رذرفورد) عن تصادم أشعة (ألفا) مع نواة أحد العناصر.

الامور بدت عادية الى ان لاحظ رذرفورد امرا غريبا على غاية من الاهمية: إن بعض جسيمات ألفا تنتثر الى الخلف تماما، وتعود من حيث أتت. لقد قرأ عالمنا في هذا شيئا هاما عن تركيب (بنية) الذرة، لان هذا التصادم الذي يؤدي الى الانتثار الخلفي لا يمكن ان يحصل بسبب اصطدام ألفا الثقيلة مع الالكترونات الخفيفة جدا. ان هذا التصادم، حسب النظرية التقليدية للتصادم، لا يمكن ان يتم الا عن طريق التصادم مع جسيم ثقيل وصغير ومشحون ايجابيا وموجود داخل الذرة هذا الجسيم داخل الذرة هو ما سمي بالنواة (nucleus) ، التي استطاع رذرفورد تحديد شحنتها وحجمها. من كل هذه التجارب استطاع هذا العالم أن يبني خلال سنة واحدة فقط نموذجه المعروف باسم الذرة النووية (والذي يشبهه الى حد ما النظام الشمسي) وهو باختصار مايلي:

١ ـ تتألف الذرة من نواة تقع في مركز الذرة. النواة صغيرة جدا ونصف قطرها من مرتبة ١٠ $^{-١٥}$ مترا. النواة ثقيلة وتحتوي على كل كتلة الذرة تقريبا وهي مشحونة إيجابيا، هذه الشحنة تساوي (في المقدار) ز× شحنة الالكترون، حيث (ز) هو العدد الذري للعنصر (للذهب ن = ٧٩)، حسب وجوده في القائمة الدورية المعروفة لدى الكيميائيين.

٢ ـ يدور حول النواة عدد من الالكترونات يساوي (ز) في مدارات مختلفة ـ نصف قطر المدار الالكتروني الاعتيادي هو حوالي ١٠$^{-١٠}$ مترا.

هذا النموذج الذري يشبه نموذج (كبلر) للنظام الشمسي، حيث تلعب النواة دور الشمس وتلعب الالكترونات دور الكواكب. يستنتج من ذلك أن الذرة ككل متعادلة كهربائياً حيث تتعادل النواة الموجبة مع الالكترونات السالبة، وأن معظمها يتألف من فراغ إذ أن النواة صغيرة، والالكترونات بعيدة جدا نسبيا عن هذه النواة.

نال رذرفورد جائزة نوبل في الكيمياء في عام ١٩٠٨، أي بعد نشر نتائجه التجريبية مباشرة. ومنذ ذلك الوقت وحتى وفاته أصبح القطب العلمي الآخر في المجتمع العلمي الانجليزي (مع تومسون)، الذي كان يقود العالم وقتئذ في اكتشاف عالم الذرة (في عام ١٩١٩، انتقل رذرفورد الذي لقبه مساعدوه المحبون بالتمساح الى كيمبريدج، وخلف تومسون لمختبر كافينديش هناك).

لكن مع كل ذلك، فان نموذج رذرفورد كان يعاني من بعض العيوب الواضحة. العيب الاول يخص الاشعاع الصادر عن الالكترونات التي تدور حول النواة. فحسب النظرية الكلاسيكية فان على الالكترونات، كجسيمات مشحونة تسير في حركة دورانية، أن تصدر اشعاعات كهرومغناطيسية بصورة مستمرة. وعندما يصدر الالكترون إشعاعات فانه يفقد جزءاً من طاقته، وهذا يؤدي بدوره الى جعله يقترب من النواة أي المركز ويزيد في سرعته الدورانية. وهكذا فالاشعاع المستمر يؤدي الى دوران يقترب فيه الالكترون باستمرار نحو النواة (دوران حلزوني) الى ان يلتصق بها اذن يجب ان تلتصق كل الالكترونات مع النواة في نهاية الامر، وهذا يعني انهيار الذرة وانهيار الكون كله!. هذا يتناقض مع نموذج رذرفورد نفسه المبني على التجربة. والعيب الثاني للنموذج أنه يتنبأ باصدار شعاع كهرومغناطيسي ذي طيف متصل، وهو ما يتناقض مع التجارب العملية العديدة المتوافرة آنذاك.

كان رذرفورد على دراية تامة بعيوب النموذج، ولكنه ترك لغيره تصحيح تلك العيوب وهذا ما فعله عالم شاب من أوروبا.

٥ - ٤ - ٢ : نموذج بوهر للهيدروجين :

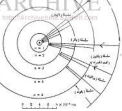
الخطوة التالية الهامة في الموضوع قام بها العالم الدانيماركي الشاب (نيلز بوهر) (١٨٨٥ - ١٩٦٢). ولد بوهر في نفس العام الذي نشر فيه بالمر عمله ونشأ ودرس في الدانيمارك. بعد نيله شهادة الدكتوراه في الفيزياء، ذهب بوهر مباشرة الى كيمبريدج، وعمل مع ج ج . تومسون. ولكنهما لم ينسجما معا، على ما يبدو فانتقل بوهر بعد عدة شهور الى مانشيستر ليعمل مع رذرفورد، وقد كان التعاون هنا مثمرا للغاية، حيث ادى خلال سنة واحدة تقريبا خلال عام ١٩١٣ الى نتائج هزت عالم الفيزياء بأجمعه.

كان بوهر مهتما بالنموذج الذري بشكل خاص، وكان على معرفة تامة بنموذج رذرفورد. وكان مقتنعا بأن هذا النموذج هو الصحيح من ناحية الأساس، لكنه يحتاج الى اكمالات اضافية واصلاحات في عيوبه. وهكذا عمل على التخلص من هذه العيوب. اختار بوهر معالجة ذرة الهيدروجين، وهي الذرة الاكثر بساطة فوجد نفسه مضطرا الى تقديم فرضيتين (hypothesis) غير تقليديتين الى عالم الفيزياء:

١ ـ يدور الالكترون في الهيدروجين حول النواة (البروتون) في احد المدارات المخصصة او المسموح بها (allowed orbits) فقط، ولا يجوز له أن يدور في غيرها.

هذه المدارات محددة بحيث تكون فيها كمية الحركة الزاوية مكممة، وعلى وجه الخصوص كجزء = ن×هـ × ٢/π، حيث ن هو عدد صحيح (ن = ١، ٢، ٣، . . .) و (هـ) هو ثابت بلانك (انظر جزء ٥ ـ ١ ـ ٢). كما افترض بان الالكترون، عندما يكون في أحد المدارات المخصصة (المستقرة)، لا يصدر أي إشعاع بتاتا. هذا الافتراض مخالف للنظرية التقليدية بالطبع، ولكنها فرضية قدمها بومر لكي يحافظ على استقرار الذرة، ويمنعها من الانهيار الحلزوني، المشار اليه سابقا.

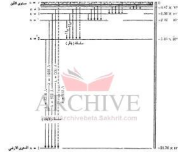
وباستخدام كمومية كمية الحركة الزاوية، وقانون التجاذب الكهربي (كولومب) بين الالكترون والبروتون استطاع بومر ان يحسب انصاف اقطار المدارات المستقرة. المعادلة التي وجدها هي نق = نق . × ن٢، حيث نق = (٠,٥٣) أنغستروم، وهو ثابت، و (ن) هو العدد الصحيح الذي ذكرناه سابقا. المدار الأول نصف قطره هو نق، والمدارات الأخرى تتسع بسرعة عندما تزداد (ن) (شكل ١٥). كما استطاع (بومر) حساب طاقة الالكترون في المدارات المختلفة. والطاقة هي كمية هامة في أي موضوع، وخصوصا في الموضع الحاضر.



(شكل ١٥)

نموذج (بومر) لذرة الهيدروجين ـ المستقرة للالكترون والسلاسل الطيفية الناتجة من انتقال الالكترونات بين هذه المدارات.

وهي تتألف في هذه الحالة من جزأين : الطاقة الحركية المتعلقة بحركة الالكترون الدورانية، والطاقة الكامنة (Potential) المتعلقة بجلب البروتون للالكترون. إن فرضيته تؤدي الى أن طاقة الالكترون مكممة ايضا (شكل ١٦) وعلى وجه الخصوص طا = - ٦ ر ١٣ / ن٢ الكترون فولط . (الاشارة السالبة تعود الى ان طاقة الوضع التجاذبية (السالبة) للالكترون في مجال البروتون تزيد عن طاقته الحركية (الموجبة).



(شكل ١٦)

نموذج (بوهر) للذرة الهيدروجين ـ سلم الطاقة الذي يحتوي على المستويات المسموحة للالكترون .
الشكل يظهر أيضا السلاسل الطيفية الناتجة من الانتقال بين هذه المستويات .

اذا نظرنا الى قيم الطاقة المختلفة فانها تشكل مستويات متوالية من الطاقة ، تتباعد عن بعضها البعض ، حسب الصيغة المذكورة اعلاه (شكل ١٦) وهي تشكل سلما من الطاقات المخصصة للالكترون، يشبه نوعيا (وليس كميا) سلم بلانك للهزاز (انظر جزء ٥ ـ ١ ـ ٢). إن درجات هذا السلم الحالي غير منتظمة في مسافاتها، وعلى الالكترون ان يقع (او يسكن) على احد درجات هذا السلم.

٢ ـ قدم بوهر ايضا فرضية اخرى هامة غير تقليدية : الالكترون يصدر اشعاعا فقط عندما ينتقل من مستوى طاقة الى مستوى طاقة آخر واقع تحته (في سلم الطاقة). ويمكن حساب تردد الفوتون (تر) الصادر كمايلي: اذا رمزنا الى المستوى الاعلى بـ (طا٢) والأدنى بـ (طا١) فان طا٢ ـ طا١ = (هـ) (تر) .

هذه المعادلة بين طاقات الالكترون وذبذبة الفوتون المنبعث معقولة تماما، لأن (هـ × تر) يمثل طاقة الفوتون، حسب فرضية آينشتاين (انظر جزء ٥ ـ ١ ـ ٣)، كما رأينا. وهكذا فان المعادلة أعلاه تقول بأن الطاقة التي يفقدها الالكترون في عملية الانتقال نحو الأسفل تنتقل كاملة الى الفوتون الذي ينبعث من هذه العملية. والعكس صحيح اذ يمكن للالكترون ان يمتص فوتونا قادما من الخارج وان ينتقل بذلك من مستوى الى مستوى اعلى منه، شريطة أن تكون طاقة الفوتون تساوي تماما فرق الطاقة بين المستويين، مما يعني رياضيا تحقيق المعادلة السابقة ذاتها. هذه العملية تمثل عملية الامتصاص (absorption) .

هاتان الفرضيتان كانتا كافيتين، كما برهن بوهر، الى اشتقاق الطيف الخطي لذرة الهيدروجين بأكمله. ان الطيف خطي لأنه ناتج عن انتقالات بين مستويات منفصلة (discrete) من الطاقة وهذه هي المرة الثانية، بعد بلانك، التي تكمم فيها كمية ميكانيكية. والدقة التي حسب بها بوهر الخطوط الطيفية بهذا النموذج البسيط كانت مذهلة حقا.

ويمكن الآن شرح السلاسل الطيفية المختلفة بالطريقة التالية : في العادة يكون الالكترون في المستوى السفلي من سلم الطاقة، وهو المستوى الذي يمثل الحالة الاكثر استقرارا. يشار الى هذا المستوى بالحالة الأرضية (ground state) . وعندما نرفع درجة حرارة غاز الهيدروجين فان عددا كبيرا من الذرات ترتفع الكتروناتها الى مستويات الطاقة العليا، وتدعى الحالات المثارة او المهيجة (excited states) . عندئذ فقط وفيما تعود الذرات (الالكترونات) ثانية الى الحالة الارضية تستطيع الذرات ان تصدر فوتونات ذات موجات مختلفة هكذا تتولد سلسلة (لايمان) الطيفية، التي تمثل جميع الانتقالات الالكترونية الى الحالة الأرضية، أما سلسلة بالمر الطيفية فانها تتولد من جميع الانتقالات الالكترونية من المستويات العليا الى الحالة المثارة الأولى وهلم جرا.

(هذه النظرية تفسر بسهولة سبب تطابق الطيف الامتصاصي والطيف الانبعاثي لعنصر ما. فاذا مر اشعاع متصل عبر غاز بارد فان الذرات، في الحالة الارضية، تمتص فوتونات محددة توصلها الى المستويات العليا).

ورغم وجود بعض النواقص في نموذج بوهر، والتي سنتعرض لها قريبا، فقد كان بلا شك فتحا هائلا في مجال بنية الذرة. لقد شكل عندئذ، ولا يزال، الاطار الحسي الذي نتخيل فيه ذرة الهيدروجين والذرات الاخرى ايضا. كما نستطيع من تعميمه ان نتفهم بنية الجزيئات والجوامد. وقد نتساءل عن كيفية توصل بوهر الى هذا العمل الابداعي العظيم. الواقع هو ان نموذج بوهر يحتوي على تزاوج غريب بين نموذج رذرفورد الكلاسيكي ومفاهيم بلانك وآينشتاين الكمومية. اننا نرى بلاشك ان تكميم الطاقة في ذرة الهيدروجين هو تعميم للتكميم الذي كان بلانك قد قدمه عندما افترض تكميم الطاقة في الهزاز المادي الذي يصدر الاشعاع في حالة اشعاع السطح الاسود (انظر جزء ٥ ـ ١ ـ ٢). أما العلاقة بين تردد الفوتون الصادر عن الانتقال الالكتروني بين المستويات فتحمل في طيها علاقة آينشتاين حول طاقة الفوتون (انظر جزء ٥ ـ ١ ـ ٣) . هذه الافكار الكمومية كانت معروفة في المانيا والقارة الاوروبية، ولكنها لم تكن منتشرة في انجلترا، التي كانت مسرحا خصبا للأعمال التجريبية. وهكذا فان ذهاب بوهر

«النظري الاوروبي» الى «المختبر الانجليزي» ادى، في عقل بوهر العبقري، الى تزاوج سعيد وخلاق بين النظرية والتجربة على أعلى المستويات الفكرية في ذلك العصر.

عاد بوهر بعد فترة وجيزة من اكتشافه الى بلاده، حيث أنشأ في مدينة كوبنهاغن معهده الشهير الذي ظل لفترة طويلة تقرب من عشرين عاما أعظم معهد في الفيزياء النظرية الجديدة. وقد استضاف هذا المعهد في فترات مختلفة أشهر فيزيائي العصر، حيث كان بوهر يمثل بالنسبة لهم جميعا نموذج «الوالد الراعي والنور الهادي». حصل (بوهر) على جائزة نوبل في عام ١٩٢٢.

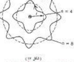
بعد نشر نموذج (بوهر) في عام ١٩١٣، طرأت عليه بعض التحسينات. فقد عممه الفيزيائي الالماني (سومر فلد) وغيره ليضم مدارات الكترونية على شكل قطع ناقص (ellipse)، وهي أكثر عمومية من المدارات الدائرية التي اقترضها (بوهر). كما أدخلوا بالاعتبار التأثيرات النسبية (Relativistic effects) حسب نظرية النسبية الخاصة التي كان قد قدمها أينشتاين (انظر جزء ٥ ـ ٦ ـ ٥)، للظروف التي تكون فيها سرعة الإلكترون عالية جدا لكن هذه التحسينات كانت طفيفة، ولم تشكل تطويرات جذرية في النموذج، لقد كان هذا يستند الى أساس تكميم الاندفاع الزاوي (فرضية بوهر الأولى)، وهذا الأساس كان وما زال يكتنفه الغموض وعدم الرضا. لابد أن الفرضية صحيحة، على الارجح، لكونها تؤدي الى نتائج متفقة تماما مع التجارب. ولكن علام تستند هذه الفرضية؟ هل يمكن اشتقاقها من قانون آخر أكثر وضوحا؟ هذا هو السؤال الذي حير الفيزيائيين لأكثر من عشر سنوات.

٥ ـ ٤ ـ ٣ : الأمواج المادية :

الجواب أتى أخيرا من قبل العالم الفرنسي الأمير «لويس دي بروي» (١٨٩٢ ـ ١٩٨٧) في عام ١٩٢٤. انحدر دي بروي من عائلة ارستقراطية عريقة درس التاريخ في البداية ثم تحولت اهتماماته الى مجال الفيزياء بعد أن خدم في الحرب العالمية الأولى، حيث كان يعمل في مجال اتصالات الراديو ومن موقع في أعلى برج ايفل في باريس بعد نشر بعض الأبحاث حول الإشعاع الضوئي، قدم دي بروي الفكرة الغريبة التالية، وذلك ضمن أطروحته لشهادة الدكتوراة من جامعة السوربون: ان الفوتون يظهر سلوكا ازدواجيا بين الجسيم والموجة، كما بين آينشتاين وغيره بكل وضوح (انظر جزء ٥ ـ ١ ـ ٣). فهل يُظهر الألكترون، والجسيمات الأخرى، أيضا ازدواجية بين الجسيم والموجية؟ أو بمعنى آخر، هل يمكن ان تكون هذه الازدواجية خاصية فيزيائية عامة، غير مقتصرة على الفوتون وحده؟ قام دي بروي بافتراض الازدواجية للإلكترون وحاول أن يحصل على النتائج المنطقية التي تنبع من هذه الفرضية. قال بأن الكترون ذا سرعة (س) له طول موجة طم = هـ / (ك × س)، وهي نفس العلاقة التي تنطبق على الفوتون. وقد سميت هذه العلاقة، التي أصبحت شائعة في الأدب الفيزيائي الحديث، علاقة دي بروي.

قام دي بروي بتطبيق علاقته على نموذج بوهر في ذرة الهيدروجين. وبعد المعالجة الرياضية البسيطة، وجد ان فرضية بوهر الأولى مكافئة تماما للشرط التالي: ٢ π نق = ن طم، أي أن طول محيط المدار يساوي عددا صحيحا

(ن) من طول موجة الإلكترون في هذا المدار (شكل ١٧) هذا الشرط معروف جدا في مجال فيزياء الأمواج المستقرة أو الواقفة (Standing waves) ومن هذا المنظور، فإن فرضية بوهر تصبح منطقية وواضحة : المدارات المستقرة (المسموح بها) هي التي تتفق مع تشكيل أمواج الكترونية مستقرة ، تدور حول النواة .



(شكل ١٧)
أمواج (دي برولي) لذرة الهيدروجين المستقرة في المدارات المستقرة .

كانت هذه الفكرة قفزة نظرية كبيرة في عالم الذرة . ومع أنها وضحت كثيرا فهمنا لمعالجة بوهر ونموذجه ، الا أنها كانت تفتقر الى الدعم التجريبي . وقد حدث هذا في عام ١٩٢٧ على يد الفيزيائيين الامريكيين دافيسون وجيرمر ، وبصورة مستقلة الانجليزي ج . ب . تومسون وهو ابن ج . ج . تومسون فلقد وجدوا أن الالكترونات عندما تنتشر من الأجسام البلورية تظهر نمطا حيودبا موجيا متفقا مع فرضية دي برويل وأن نمط انتشار الالكترونات مشابه تماما لنمط انعكاس الأشعة السينية (الموجية) من البلورات . هذه التجربة وحدها أثبتت بدون أدنى شك الخاصية الموجية للالكترونات وبالتالي الجسيمات المادية الأخرى ، إذ أن نتائجها غير قابلة للتفسير بناءا على أساس الخاصية الجسيمة . وكانت هذه هي البداية الحقيقية لما يعرف الآن باسم الأمواج المادية (Matter Waves) أو أمواج برويلي . نال دي برويلي جائزة نوبل لعام ١٩٢٩ وتقاسم دافيسون وتومسون جائزة نوبل لعام ١٩٣٧ لعملهم في اكتشاف الطبيعة الموجية (تجريبيا) للالكترون ، وحيود الالكترون على البلورات ، على التوالي .

٥ - ٤ - ٤ : معادلة (شرودينغر)

سببت فكرة دي برويلي . ضجة كبيرة في الأوساط العلمية الأوروبية ، وخصوصا في ألمانيا وانجلترا . ولاحظ الفيزيائيون النظريون في الحال أهمية اكتشاف المعادلات الرياضية الضرورية لاعطاء التوصيف الكامل للأمواج المادية . فكما أن معادلات ماكسويل التفاضلية مثلا تعطي الوصف الكامل للأمواج الكهرطيسية ، فلا بد من وجود معادلة أو أكثر لوصف الأمواج المادية الجديدة . هذه المعادلة الجديدة اكتشفها العالم النمساوي « إدوين شرودينغر » (١٨٨٧ - ١٩٦١) الذي حصل على شهادة الدكتوراة في الفيزياء من جامعة فيينا ، وعمل بعد ذلك في عدة جامعات المانية . كما عمل مساعدا للعالم ماكس فين لفترة من الزمن . درس شرودينغر فكرة دي برويلي عن الأمواج

الالكترونية وحاول تطبيق الفكرة على جسيمات مربوطة (bounded) مثل الالكترون المرتبط مع البروتون في ذرة الهيدروجين ، وهذا يتجاوز تطبيقات دي برويلي الذي عالج فقط الالكترونات الحرة التي ترتطم بالبلورات . ومع أنه أخفق في البداية ، بسبب طموح المعالجة الزائد ، إلا أنه حصل بعد قليل على معالجة مقنعة تماما للالكترون في ذرة الهيدروجين . إن معالجة شرودينغر هي امتداد واسع لمعالجة بوهر القديمة ، ولكن ضمن أفكار جديدة ومتعددة . قدم شرودينغر معادلة جديدة هي المعادلة الموجية ، للالكترون التي عرفت لاحقا باسم «معادلة شرودينغر» . . هذه المعادلة تشبه المعادلات الموجية الكلاسيكية (الأمواج الصوتية ، مثلا) في بعض الأمور ، وتختلف عنها في أمور دقيقة أخرى . وقام شرودينغر بحل المعادلة لحركة الالكترون حول البروتون في ذرة الهيدروجين ، وعندما طبق الشروط الموجية على حلول المعادلة ، وهي نفس الشروط التي يطبقها الفيزيائيون روتينيا على الأمواج الكلاسيكية ، توصل الى معرفة الحالات المستقرة أو الواقفة (Stationary States) للالكترون ومستويات الطاقة اللازمة لهذه الحالات . ووجد أيضا أن مستويات الطاقة التي حصل عليها بطريقته هي نفسها التي كان بوهر قد حصل عليها بطريقته البسيطة ، فالمدارات الواضحة عند بوهر أصبحت الآن غيوما منتشرة فيها بعض من الغموض (شكل ١٨) . ورغم نجاحه الباهر ، الا أن شرودينغر لم يحصل على جائزة نوبل الا في عام ١٩٣٥ . وباكتشاف معادلة شرودينغر هذه تشكل ما يعرف الآن بالميكانيك الموجي ، وهو اسم آخر للميكانيك الكم .



(شكل ١٨)

النموذج الموجي (موديلي) للالكترون .

٥ - ٤ - ٥ : التفسير الإحصائي :

بعد أن قدم شرودينغر معادلته ، التي هي الآن المعادلة الأكثر شهرة في عالم الجسيمات المجهرية الدقيقة ، حصل جدل كبير حول المعنى الفيزيائي للمعادلة وتفسير محتوياتها (مكوناتها) فإذا كان الالكترون يتألف (يتكون) من أمواج مادية ، فما هي طبيعة هذه المادة أو المائع (في لغة القرن التاسع عشر) التي تشكل الالكترون ؟ وإذا كنا نستطيع في العادة أن نجزىء موجة كلاسيكية ، فهل نستطيع أيضا أن نجزىء الالكترون الى عدة أقسام عندما يكون في احدى حالاته في ذرة الهيدروجين مثلا ؟ هذه أسئلة صعبة جدا ، خاصة عندما نخلط المفاهيم الكلاسيكية مع المفاهيم الكمية الجديدة ، وقد واجه الفيزيائيون صعوبة في مواجهة هذه الأسئلة وأخرى مماثلة لفترة طويلة في تلك الفترة (أواخر العشرينات) .

التفسير الذي انتصر أخيرا ، ولا يزال سائدا حتى اليوم ، هو ما يعرف الآن باسم « تفسير مدرسة كوبنهاغن » ، والذي قدمه بصورة رئيسية العالم الألماني القدير « ماكس بورن » (١٨٨٢ ـ ١٩٧٢) ويوهر نفسه الى حد ما . حسب هذا التفسير ، فان المادة الموجية ليست مادة بتاتا ، بل انها أمواج احتمالية (Probability Waves) ، وتابع الموجة (Wave function) الذي يدخل المعادلة يحدد (بعد التربيع) الكثافة الاحتمالية لوجود الالكترون في مكان ما . فحيث يكون التابع كبيرا يكون احتمال وجود الالكترون كبيرا والعكس بالعكس . إذن عندما تنتشر أو تنتقل الأمواج المادية من مكان الى آخر فان الاحتمال (وليس الالكترون نفسه بصورة أكيدة) هو الذي ينتشر .

من الناحية العملية ، هذا التفسير مرضٍ تماما ، إذ أننا في العادة نجري قياسات وسطية (average) ، فعندما نقيس الطيف المنبعث من غاز الهيدروجين ، فإننا في العادة لا نجري التجربة على ذرة واحدة فقط وإنما على عدد كبير من الذرات ونحصل على قيمة تجريبية وسطية لهذه الذرات . فالذي يتجزأ هو احتمال وجوده في أمكنة عديدة ومختلفة وليس جسم الالكترون ، وهذا أمر وارد ومقبول تماما . واذا أجرينا التجربة لنحدد وجوده في مكان محدد ما ، فان النتيجة تكون إما إيجابية أو سلبية . واحتمال النتيجتين محدد تماما بواسطة تابع الموجة الذي ذكرناه سالفا .

لقد تبينت صحة معادلة شرودينغر وتفسيرها الاحتمالي في أنظمة فيزيائية لا حصر لها في مجالات الذرات والجزيئات والجوامد والنوى وغيرها ، ومع ذلك فان التفسير الاحتمالي لم يرق لعدد من عظماء الفيزيائيين ، بمن فيهم أينشتاين نفسه . والذي قال كلمته المأثورة : إن الخالق لا يلعب النرد . ولكن لا يوجد الى الآن معالجة بديلة ترقى حتى إلى مقاربة مستوى المدرسة الحالية . تؤدي نظرية الكم الى نتائج أخرى غريبة جدا على التفكير الفيزيائي التقليدي . تقول النظرية مثلا إننا لا نستطيع أن نحدد كلا من الموضع والاندفاع للالكترون في آن واحد . إن هذا مستحيل حتى من ناحية المبدأ . وتعرف هذه النتيجة في صيغتها الرياضية بمبدأ الارتياب (اللاتعيين) Uncertain Principle .

وفي نفس الفترة التي كان شرودينغر يعمل فيها على تطوير معادلته (حوالي ١٩٢٥) قام عالم شاب ألماني هو فيرنر هايزنبرغ (١٩٠١ ـ ١٩٧٦) بتقديم نظرية كمومية أخرى لوصف ديناميكية الجسيمات الدقيقة . وضعت نظرية هايزنبرغ في لغة المصفوفات (Matrices) الرياضية ، حيث تمثل هذه المصفوفات واحدا أو آخر من المتغيرات المختلفة (الطاقة ، الدفاع . . . .) ، وحيث تمثل عناصر هذه المصفوفات نتائج التجارب التي يمكن إجراؤها على هذه الجسيمات . وللوهلة الأولى بدت نظرية هايزنبرغ مختلفة تماما عن نظرية شرودينغر . لكن شرودينغر ، والفيزيائي الانجليزي ديراك سرعان ما أثبتا أن النظريتين متكافئتان تماما من الناحية الرياضية ، أي أنها صيغتان مختلفتان لنفس النظرية الكمومية . ونال هايزنبرغ جائزة نوبل في عام ١٩٣٢ لاكتشافه المستقل للنظرية الكمومية .

٥ ـ ٤ ـ ٦ : مبدأ الاستبعاد :

بقيت نظرية الكم مع هذا تفتقر الى خاصية هامة جدا ، كي تستطيع وصف خواص الذرات ، وخصوصا الجدول الدوري (periodic table) للعناصر . هذا الجدول الذي كان قد وضعه العالم الروسي « مندليف » في

منتصف القرن التاسع عشر ، والذي تبناه جميع الكيميائيين ، كان يظهر بأن العناصر التي تقع في نفس العمود الرأسي لها خواص كيميائية متشابهة . فمثلا ، الهيدروجين والليثيوم والصوديوم كلها نشيطة التفاعل ولها تكافؤ أحادي . كيف نستطيع تفسير ذلك على أساس نظرية الكم الجديدة ؟ حسب هذه النظرية ، وحتى وقت شرودينغر ، يجب أن تكون الالكترونات جميعها في المدار الأول حول النواة ، لأن هذا المدار له الطاقة الدنيا (بين كل المدارات) والنظام الفيزيائي (الإلكترونات) يرتب أموره دائما حتى يكون في أدنى طاقة ممكنة . هذا الأمر كان محيرا حقا للفيزيائيين والكيميائيين بمن فيهم أولئك الذين كانوا يعتنقون مبدأ البنية القشرية (Shell Structure) للذرة والتي تتبع منطقيا من نموذج بوهر الذي يحدد مواقع الالكترونات في المدارات المتتالية المختلفة . فكل مدار يؤدي الى قشرة تسكنها الالكترونات (في الذرات المحتوية على إلكترونات عديدة) .

الجواب على هذه المشكلة جاء من قبل العالم النمساوي - السويسري الشاب « فولفغانغ باولي » (١٩٠٠ - ١٩٥٨) عندما أعلن مبدأ الاستبعاد (Exclusion Principle) في عام ١٩٢٤ . طبقا لهذا المبدأ (الغامض والغريب حقا) لا يمكن لأكثر من الكترونين أن يكونا في نفس الحالة الكمية . وبمعنى آخر ، فإن قدرة الاستيعاب القصوى لأية حالة كمية من حيث تقبلها للالكترونات هي الكترونات فقط . وتبعا لذلك فإن سعة مدار ما تعتمد على عدد الحالات الكمية المختلفة المرتبطة بذلك المدار . فكل مدار يقابله مستوى معين للطاقة ولكنه يتسع لعدد (محدود) من قيم الاندفاع الزاوي ، أي لعدد محدود من القيم الاحتمالية أو الحالات الكمية . وهكذا فان المدار الأول في الذرة يستطيع أن يقبل إلكترونا واحدا أو الكترونين . ففي عنصر الليثيوم ، مثلا ، حيث يوجد ثلاثة إلكترونات ، يقع اثنان في المدار الأول ، ويذهب الثالث الى المدار الثاني . وهكذا فان كل قشرة بوهرية لها عدد الكتروني معين تستطيع استيعابه . إن مبدأ باولي أعطى الأساس النظري لمفهوم البنية القشرية الذرية الدوري للعناصر ، مما يتفق تماما مع المفاهيم الكيميائية المعروفة . فلولا وجود هذا المبدأ ، لسقطت الالكترونات جميعها الى المدار الأول ، بدون أية بنية قشرية تميز بين ذرة وأخرى ولكانت صفات الكون مختلفة تماما عما نعرف .

وتكهّن باولي في ١٩٢٥ بأن الخاصية الثنائية في مبدئه لا بد وأن لها علاقة بخاصية الكترونية مجهولة وأيضا بظاهرة أخرى معروفة سابقا في علم الأطياف ، وهي مفعول (زيمان) الشاذ ، حيث وجد أن بعض الخطوط الطيفية للذرات تنشق ، في وجود مجال مغنطيسي ، إلى عدد من الخطوط المتقاربة بطريقة لا تقبل الشرح الكلاسيكي .

وترسّخ هذا التنظير في نفس العام ، عندما اقترح الفيزيائيان الهولنديان « إوهلينبيك » و « غودسميت » أن الإلكترون يملك خاصية اللف الذاتي (Spin) . أي أن الإلكترون ، سواء أكان متحركا حول الذرة أم لا ، فإنه دائما في حركة دوران ذاتي أولف حول محوره ، تماما كما تلف الأرض حول محورها ، ويصاحب هذا اللف اندفاع زاوي قيمته (هـ/π) . وحسب قوانين الكم المتعلقة بالاندفاعات الزاوية ، فان الاندفاع الزاوي للإلكترون يمكن أن يأخذ واحدا من اتجاهين فقط : إما نحو الأعلى وإما نحو الأسفل . هذه هي الخاصية الثنائية التي كان ينشدها

باولي . وقد أشار أوهلينبيك وغودسميت بأن هذه الخاصية تحقق تنظير باولي ومبدأ الاستبعاد ، وتؤدي أيضا إلى تفسير مفعول زيمان الشاذ ، كما تفسر جوانب البنية الدقيقة (Fine Structure) للطيف الضوئي للذرات .[١٢]

٥ - ٥ : فيزياء النواة

٥ - ٥ - ١ : أشعة (ألفا) و (بيتا) و (غاما)

النواة (الصغيرة) تشكل قلب الذرة وتحمل كتلة الذرة بأكملها تقريبا ، بالاضافة الى الشحنة الموجبة . وكل الإلكترونات « الكواكب » في الذرة تدور في فلك هذا الجسيم البالغ الصغر والأهمية . إنها شمس الذرة . والآن نوجه اهتمامنا الى هذه النواة . ماذا يوجد داخلها ؟

بدأت علوم النواة صدفة في عام (١٨٩٦) عندما كان العالم الفرنسي « هنري بيكيريل » (١٨٥٢ - ١٩٠٨) يجري أبحاثا حول الأشعة السينية ، التي كانت جديدة وقتئذ . لاحظ بيكيريل من خلال تجاربه على مركبات اليورانيوم أن هناك أشعة أخرى من نوع جديد تصدر من هذه المواد . هذه الأشعة ، التي لا يمكن رؤيتها ، تستطيع اختراق الورق والمواد العادية الأخرى بسهولة ، كما تستطيع تأيين ذرات الهواء . وتظهر هذه الأشعة تلقائيا ، بدون التحفيز والتنشيط المطلوب في حالة الأشعة السينية . عرف بيكيريل في الحال أنه أمام أشعة من نوع جديد ، وأنها تصدر عن ذرات اليورانيوم . وعرفت هذه الظاهرة بالنشاط الإشعاعي (radio — activity) .

وتابعت العالمة الفرنسية البولندية الأصل « ماري كيوري » (١٨٦٧ - ١٩٣٤) وزوجها العالم الفرنسي « بيير كيوري » (١٨٥٩ - ١٩٠٦) عمل بيكيريل حول الأشعة الجديدة ووجدا من خلال دراسة منهجية للمركبات الكيميائية بأن معدن الثوريوم يظهرنشاطا إشعاعيا أيضا . كما اكتشفا ، بعد عناء شديد ، وجود عنصرين مشعين جديدين هما البولونيوم (نسبة إلى بولندا ، وطن ماري كيوري الأصلي) والراديوم . هذان العنصران هما أشد نشاطا من اليورانيوم بقدر كبير ، إذ تبلغ شدة نشاط الراديوم النقي مليون ضعف شدة اليورانيوم . لكن عملية تنقية الراديوم عملية مضنية حقا . فبداية من مادة منجمية كتلتها بضعة أطنان ، يمكن الحصول على ٠,٢ غم فقط من الراديوم بعد التنقية . وقد حصل العلماء الثلاثة بيكيريل وآل كيوري على جائزة نوبل في عام ١٩٠٣ .

وقد سعى كل من بيكيريل وماري كيوري ورذرفورد لمعرفة الطبيعة الفيزيائية لهذه الأشعة الجديدة . وقد تمكن الأخير في عام ١٨٩٩ من تصنيف هذه الأشعة إلى ثلاثة أنواع ، حسب مقدرتها على اختراق المادة . فالأشعة التي لها

---

(١٢) استطاع العالم الانجليزي ديراك في الفترة (١٩٢٨ - ١٩٣٠) أن يقدم تفسيرا لسبب اللف الذاتي (السبين) في الالكترون ، وذلك من خلال تطوير معادلة شرودينجر لتكون متفقة مع نظرية النسبية في هذا المجال الذري ، بين ميكانيك الكم والنسبية يظهر اللف كخاصية طبيعية للالكترون .
كما تنبأ ديراك في حينه هذا بوجود جسيم مضاد للالكترون ، أي له نفس خواص الالكترون مع شحنة موجبة تساوي شحنة الالكترون في المقدار . هذا الجسيم سمي البوزيترون وتم اكتشافه تجريبيا في عام ١٩٣٢ (انظر جزء ٥ - ٥ - ٥) ومنذ ذلك الحين اكتشفت جسيمات مضادة للبروتون والنيوترون وغيرها من الجسيمات الأساسية ، حيث أصبح موضوع (المادة المضادة) أحد المواضيع الفيزيائية الرئيسية في عالم الفيزياء المعاصرة .

مسافة اختراق قصيرة سميت أشعة ألفا ، والأشعة ذات الاختراق الأطول سماها أشعة بيتا ، والأشعة ذات الاختراق الطويل سماها أشعة غاما .

وقد اتضح بسرعة أن أشعة بيتا هي في الحقيقة حزمات من الالكترونات السريعة . تبين ذلك من حقيقة انحرافها في المجال مغناطيسي وباتجاه يدل على شحنتها السالبة ، ومن قياس النسبة (شح/ك) لهذه الأشعة تبين أنها نفس النسبة التي حصل عليها تومسون للالكترون (أنظر جزء ٥ ـ ٣)

أما أشعة ألفا ، فقد قيست النسبة (شح/ك) لها بنفس الطريقة التي استعملت في حالة الالكترون (من قبل تومسون) . وفي سلسلة من التجارب التي أجراها رذرفورد ومساعدوه في الفترة (١٩٠٦ ـ ١٩٠٩) ، استطاع هذا ان يثبت بأن أشعة ألفا تتألف في الواقع من جسيمات هي نوى (جمع نواة) ذرات الهيليوم . أي أن لها شحنة موجبة تعادل ضعف شحنة الإلكترون ـ لكنها موجبة ـ وكتلة تعادل أربعة أضعاف كتلة الذرة الهيدروجينية .

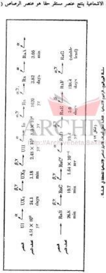
أما أشعة غاما فتبين أنها في الواقع حزمات من الفوتونات قصيرة الموجة (أقصر حتى من الأشعة السينية) . إنها أشعة كهرطيسية ذات طاقات عالية جدا (ملايين الأضعاف من طاقة الفوتونات العادية المرئية) . توضحت هذه النتيجة لأن هذه الأشعة لا تنحرف في المجال المغنطيسي ، ولأنها تخترق المادة لمسافات طويلة ، ولأنها تظهر أنماط التداخل والحيود الموجية .

وتعرف هذه الأشعة الجديدة الثلاثة الآن بجسيمات (Particles) ألفا وجسيمات بيتا وأشعة غاما . مع أنه تبين أخيرا أن هذه الجسيمات (أو الأشعة) ليست في الواقع كائنات جديدة كما كان الظن في البداية ، إلا أنها تظهر في مجالات جديدة من الطاقة ومن مصادر جديدة . لقد كانت الباب الذي أدخلنا إلى عالم جديد ، من المادة (المادة النووية) .

٥ ـ ٥ ـ ٢ : التفكك الاشعاعي

شعر رذرفورد منذ البداية بأن ظاهرة النشاط الاشعاعي تحتاج إلى تغيرات فيزيائية جذرية لمعالجتها وتفهمها . وحيث إن أشعة ألفا وبيتا المنطلقة تحملا كتلاً كبيرة (خصوصا في حالة ألفا) وشحنة كهربائية ، فإن انطلاق هذه الأشعة يؤدي إلى تغير في طبيعة العنصر الباقي أو عنصر الابنة (Daughter) بعد الاشعاع . هكذا فإننا نستطيع أن نعبر عن تحول ذرة الراديوم إلى ذرة الرادون بعد انطلاق جسيم ألفا كما يلي : راديوم رادون + جسيم ألفا . وهي معادلة تشبه في روحها المعادلات الكيميائية المعروفة . لكن المعادلة الجديدة تختلف عن القديمة في أنها (الجديدة) تنطوي على تغير في طبيعة العناصر الناتجة (خلافا للنظرات القديمة القائلة بأن الذرة لا تتجزأ وأن طبيعتها لا تتغير في أي من التفاعلات) . المعادلة الجديدة تنطوي حقا ، من ناحية المبدأ ، على مفهوم (التحول العنصري ـ transmutation) ، مثل عملية تحويل المعادن الرخيصة الى ذهب التي كانت حلم العلماء القدامى .

وتكاثرت الأبحاث والدراسات في هذا المجال . فتبين مثلا أن الرادون ، الناتج في المعادلة أعلاه ، هو غير مستقر ، إذ إنه يطلق جسيمات ألفا أيضا ويتحول الى عنصر جديد عرف براديوم - أ . هذا بدوره غير مستقر أيضا ، وهكذا . . . وفي نهاية هذه السلسلة الاشعاعية ينتج عنصر مستقر حقا هو عنصر الرصاص (شكل ١٩) .

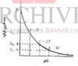


(شكل ١٩)
سلسلة اليورانيوم - الراديوم الاشعاعية . الفترة تحتها أنصاف الأعمار للعناصر الاشعاعية المعطاة في السلسلة .

ثم تبين أيضا أن بداية هذه السلسلة أو العنصر الوالد (Parent) ليس عنصر الراديوم نفسه وإنما عنصر آخر يقع قبله بعدة عناصر وفي حالة هذه السلسلة فإن العنصر الوالد هو اليورانيوم ذاته . وكما يظهر الشكل فإن هناك (١٥) عنصرا مختلفة في هذه السلسلة الاشعاعية الهامة .

وهناك عامل هام يدخل في اعتبار الانحلال أو التفكك (decay) الاشعاعي ، وهو سرعة معدل التفكك . وقد جرت العادة ، تبعا لرذرفورد ، على التعبير عن ذلك بما يسمى بنصف العمر (half — life) للعنصر .

ونصف العمر هو الزمن اللازم لكي يتحلل نصف عدد الذرات النشيطة فيما يبقى النصف الآخر من العدد بدون تحلل . ويختلف نصف العمر من عنصر الى آخر بمقدار كبير (ولكنه لا يتأثر بالعوامل الفيزيائية العادية مثل المجالات الكهرطيسية ، درجة الحرارة . . . . الخ) فاليورانيوم له نصف عمر يعادل $٤,٥١ \times ١٠^{٩}$ سنة (أربعة ونصف مليار سنة) ، بينما الرادون له نصف عمر يعادل ٣,٨٢ يوما (شكل ٢٠) . أي أن انحلال اليورانيوم بطيء جدا عندما يقارن بتحلل الرادون . ولهذا السبب (العمر الطويل) استعمل اليورانيوم في تحديد عمر الكرة الأرضية ـ حوالي ٤,٥ مليار سنة .



(شكل ٢٠)
رسم التفكك الاشعاعي لعنصر ما . لنفرض أن N_0 عدد الذرات في البداية ويمثل T نصف العمر . عدد الذرات الباقية يتناقص بطريقة أسية .

واختلاف أنصاف الأعمار للعناصر المختلفة قد يؤدي إلى تعقيدات كثيرة في الظروف العملية . فلو أخذنا مثلا عينة من اليورانيوم النقي في البداية ، فانها ستحتوي بعد فترة زمنية على مزيج من العناصر الناتجة جميعها ، بنسب مختلفة . لكن العناصر الرئيسية الموجودة ستكون العناصر ذات أنصاف الأعمار الطويلة . ويمكن أن يقال الشيء نفسه عن الكرة الأرضية ذاتها . ربما اشتملت في البداية على عناصر نووية عديدة لا نشاهدها الآن لأنها تفككت واندثرت بسبب أعمارها القصيرة .

٥ ـ ٣ ـ ٥ : النظائر النووية

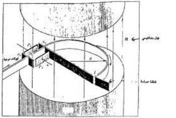
شعر الكثيرون من العاملين في مجال الاشعاعات بشيء من الارتباك بالنسبة لكثرة (العناصر) التي كانوا يكتشفونها بواسطة التحلل الاشعاعي . فسلسلة اليورانيوم التي ذكرناها تحتوي على عدد من العناصر العديدة الجديدة . هناك كذلك سلاسل أخرى ، كسلسلة الثوريوم وسلسلة الأكتينيوم ، تحتوي على عناصر جديدة أخرى . لكن العلماء لاحظوا أيضا أن كثيرا من هذه العناصر الجديدة لها خواص مشابهة من الناحية الكيميائية لعناصر أخرى كانت معروفة . بعد التفكير الطويل حول هذا الموضوع المعقد ، اقترح العالم البريطاني « سودي » ، أحد زملاء رذرفورد ، الحل الآتي : إن كثيرا من العناصر الموجودة في الطبيعة ، مثل الرصاص أو اليورانيوم هي مزيج من عدة « نظائر isotopes » لها نفس العدد الذري ولكنها تختلف عن بعضها بأن كتلها مختلفة قليلا عن بعضها بعضا . الهيليوم مثلا له نظيران مستقران : هيليوم ـ ٤ وهيليوم ـ ٣ . كلا النظيرين له نفس العدد الذري (أي ٢) ، وبالنتيجة لهما نفس الخواص الكيميائية . لكن هيليوم ـ ٤ له كتلة تساوي (٤) وحدات ذرية في حين أن هيليوم ـ ٣ له كتلة تساوي (٣) وحدات ذرية من الكتلة . (الوحدة الذرية تساوي كتلة ذرة الهيدروجين تقريبا ، وتستعمل كثيرا في المجال النووي) .

لكن التحقق من اقتراح (سودي) كان أمرا صعبا بالوسائل التقليدية ، وذلك لصعوبة فصل النظائر عن بعضها كيميائيا .

وهنا يبرز عالمنا المشهور ج . ج تومسون مرة أخرى . قام هذا باختراع جهاز لفرز النظائر بطريقة كهرطيسية (شكل ٢١) بوضع العنصر قيد الدراسة في فرن ساخن ، حيث تخرج أيونات العنصر من نافذة وتدخل في مجال مركب من مجال كهربائي ومجال مغناطيسي معامد « يرشح » الأيونات لتخرج من نافذة ثانية وتدخل في غرفة مفرغة واقعة ضمن مجال مغنطيسي . في هذا المجال تتحرك الأيونات في مدارات دائرية ، حيث يكون نصف القطر متناسبا عكسا مع كتلة الأيون . وبما أن الأيونات لها نفس الشحنة مع اختلاف في الكتلة فانها تنفرز عن بعضها عند الاصطدام بالصفحة الحساسة . هذا الجهاز يسمى مطياف الكتلة (mass spectrometer) . وقد أيدت النتائج اقتراح سودى بالكامل عن وجود النظائر للعناصر المختلفة .

حصل سودى على جائزة نوبل في الكيمياء لعام ١٩٢٢ ، بالمشاركة مع آستون ، أحد زملاء تومسون الآخرين ، اللذين طورا جهاز المطياف الكتلي .

كما أن اكتشاف النظائر أعطى تفسيرا لحقيقة كيميائية معروفة . وهي أن (الأوزان الذرية atomic weights) للعناصر ، عندما يعبر عنها بالوحدة الذرية هي أرقام كسرية ، مثلا عنصر النيون وزنه ٢ , ٢٠ م وحدة وعند دراسته في المطياف تبين وجود نظيرين الأول وزنه (٢٠) وحدة ، والثاني (٢٢) وحدة . ولكنهما موجودان بسبب غزارة (abundance) مختلفة وبحيث يكون الوزن المتوسط الموجود عادة في الطبيعة هو (٢ , ٢٠) وحدة تحتوي عينة طبيعية من النيون على ٩٠٪ من نيون ـ ٢٠ و ١٠٪ من نيون ـ ٢٢) .



(الشكل ٣٩)
مطياف كتلي . تدخل الأيونات إلى المجال المغناطيسي وتنحني في نصف دائرة . وترتطم الأيونات بشاشة حساسة تسجل كتلة الأيون .

وهكذا تبين أن الهيدروجين له نظيران (العادي أو الخفيف والثقيل) ، والاوكسجين له ثلاثة نظائر ، واليورانيوم له ثلاثة ... الخ .

٥ - ٥ - ٤ - البنية النووية - البروتون والنيوترون

من الواضح أن الأشعة الجديدة تأتي من نواة الذرة (قلب الذرة) ، إذ إن الجزء الخارجي للذرة يتألف فقط من الكترونات عادية ، ذات طاقات قليلة (بالمقارنة مع طاقات الجسيمات الاشعاعية الواقعة في مجال ملايين الالكترون فولط) ، وذلك حسب نموذج رذرفورد الذي كان معروفا في تلك الفترة (أنظر جزء ٥ - ٤ - ١) . هذه النواة تظهر الآن وكأنها جسيم مركب ومعقد ، إذ إنه يستطيع التفكك وإصدار أنواع مختلفة من الجسيمات . والسؤال برز عندئذ حول تركيب أو بنية هذه النواة بشكل عام . مم تتألف أو تتكون هذه النواة ؟

أحد مكونات النواة الأساسية هو البروتون (proton) ، وهو نواة ذرة الهيدروجين العادي (كلمة بروتون تعني الأول في اليونانية) . هذا الأمر كان واضحا ليس من وجود البروتون في الهيدروجين فقط بل أيضا لأن البروتون قد ظهر في نواتج التصادم النووي في تجربة أجراها رذرفورد في عام ١٩١٩ . فعندما تصطدم جسيمات ألفا مع النيتروجين ينتج أوكسجين وبروتونات ، أي : نيتروجين + جسيم ألفا أوكسجين + بروتون . إذن ، استخلص رذرفورد أن البروتون كان موجودا سابقا في النوائين الداخلتين في التفاعل (نيتروجين) ثم تحرر نتيجة للتصادم . البروتون له شحنة موجبة تعادل شحنة الالكترون وكتلة تساوي كتلة ذرية واحدة تقريبا .

كانت تجربة رذرفورد هذه هي الأولى في تاريخ العلوم التي أمكن بها تحويل عنصر الى آخر (نيتروجين الى أوكسجين) ، وهو الحلم الذي راود العلماء لآلاف السنين . الطريقة ليست مجدية من الناحية الاقتصادية ، ولكن الحدث العلمي كان من الدرجة الأولى من الأهمية .

ومع حلول عام ١٩٢١ كان الفيزيائيون قد بنوا نموذجا نوويا على الشكل التالي : تحتوي النواة على عدد من البروتونات يساوي العدد الذري (ز) أي عدد الالكترونات المدارية ، وبذلك تكون الذرة الكاملة (نواة + الكترونات) محايدة كهربائيا . لكن كتلة النواة تزيد كثيرا عن مجموع كتلة البروتونات هذه ، بحوالي الضعف تقريبا . ففي نواة هيليوم - ٤ ، يوجد بروتونات في حين أن كتلة النواة تعادل (٤) وحدة تقريبا . فمم تتكون بقية الكتلة ، أي الكتلة غير البروتونية في النواة ، إذن ؟ الجواب المقترح كان أنه توجد بروتونات أخرى كافية في العدد مع عدد مماثل من الالكترونات (داخل النواة ذاتها) ، لتحقيق كل من شرط الكتلة وشرط التعادل الكهربائي . هذا الاقتراح كان له جاذبيته ، إذ أنه يفسر في نفس الوقت اشعاعات بيتا على أنها إصدارات من هذه الالكترونات النووية . (كان يظن أيضا بأن هناك نوعاً من التصاحب بين الالكترونات النووية وبروتوناتها ، حتى إنه أطلق على النظام الصغير المؤلف من بروتون والكترون معا اسم (النيوكليون) .

ظل هذا الاقتراح قائما لفترة عشر سنوات تقريبا رغم وجود صعوبات نظرية تحول دون وجود الالكترون داخل النواة . لكن في الفترة ١٩٣٠ - ١٩٣٢ أثبتت تجارب أجراها العالم الانجليزي جيمس تشادويك والعالمان الفرنسيان فريدريك جوليو وايرين كيوري (ابنة ماري) أن جسيمات ألفا العالية الطاقة ، عندما تصطدم بذرات البيريليوم ، تنتج نوعا جديدا من الاشعاع الذي يخترق المادة لمسافات طويلة جدا ، وأن هذا الاشعاع له تأثير خاص في تحرير بروتونات الهيدروجين من مادة تحتوي على الهيدروجين مثل شمع البارافين .

وقد فسر « تشادويك » الاشعاع الجديد ، بشكل صائب على أنه حزمة من جسيم محايد كهربائيا (شحنته صفر) ، مما يفسر قدرته على اختراق البعيد . وكتلة هذا الجسم الذي سمي نيوترون (neutron) قريبة من كتلة البروتون (وحدة ذرية) ، مما يفسر أنه عندما يصطدم بالبروتون الساكن ينقل الأول الى الثاني كل طاقته الحركية ، فيخرج البروتون بطاقة حركية عالية ، (نقل الطاقة الحركية بهذه الصورة الكاملة يحدث فقط عندما تتساوى الكتلتان تقريبا ، حسب قوانين الميكانيك تماما كما يحدث بين كرتي البلياردو) وقد استطاع تشادويك قياس كتلة النيوترون بدقة بالطريقة التصادمية ، عن طريق تصادم حزمة من النيوترونات مع غاز من النيتروجين .

وباكتشاف النيوترون اكتملت البنية النووية تماما . لنفرض أن ذرة عنصر ما له عدد ذري (ز) وعدد كتلي (ك) ، إذن فالنواة تحتوي على عدد من البروتونات يساوي (ز) وعدد من النيوترونات يساوي (ك - ز) وفرق الكتلة النووية الذي تكلمنا عنه سابقا موجود الآن في النيوترونات . (فاليورانيوم) (عدد ذري ٩٢) العادي يحتوي على نسبة عالية من يورانيوم - ٢٣٨ الذي تحتوي نواته على (٩٢) بروتونا و (١٤٦) نيوترونا .

وقد تبين أيضا أن النيوترون الحر (خارج النواة) ليس جسيما مستقرا . إنه يتحلل الى بروتون والكترون (نيوترون ← بروتون + الكترون) ونصف عمر النيوترون الحر هو (١٢) دقيقة تقريبا .

وقد حصل تشادويك على جائزة نوبل عام ١٩٣٥ تقريبا لاكتشافه جسيم النيوترون .

ومع ذلك فإن النيوترون هو جسيم أساسي ، على قدم المساواة مع البروتون ، ولا يمكن اعتبار الأول على أنه جسيم مركب من بروتون والكترون بأي شكل من الأشكال . والذي يحدث خلال عملية تحلل بيتا هو أن بعض النيوترونات داخل النواة تتحلل الى بروتونات والكترونات ، حيث تخرج الالكترونات في الحال على شكل أشعة بيتا . هذه الالكترونات لم تكن موجودة في الأصل داخل النواة .

٥ ـ ٥ ـ ٥ : مسرعات الجسيمات

في بداية الثلاثينيات شهد العالم أيضا للمرة الأولى ظهور مسرعات (accelerators) الجسيمات . والهدف من وراء هذه الأجهزة هو تسريع الجسيمات الأساسية مثل الالكترونات والبروتونات الى طاقات عالية جدا (مئات الملايين من الالكترون فولط) ، ثم تسديدها نحو النوى (جمع نواة) المختلفة لاحداث تفاعلات نووية مختلفة بالكيفية المناسبة . وأحد أنواع الأجيال الأولى من المسرعات هو السايكلوترون (cyclotron) ، الذي بناه العالم الأمريكي (لورنس) في منتصف الثلاثينيات في جامعة كاليفورنيا ـ بيركلي (شكل ٢٢) . وفي عام ١٩٣٢ اكتشف العالم الامريكي أندرسون جسيما جديدا هاما سمي البوزيترون (positron) . والبوزيترون هذا له نفس خواص الالكترون



(شكل ٢٢)
ترشيح للجزء الفعال من مسرع السايكلوترون . جسيم مشحون يدخل عند النقطة S ثم يدور مدارا في مجال مغناطيسي . التسريع يحصل مرتين في كل دائرة بسبب وجود فرق الجهد المتردد .

(كالكتلة والاندفاع اللمسي وغيرها) سوى أن البوزيترون له شحنة موجبة تعادل شحنة الالكترون السالبة في المقدار . وقد اكتشف آندرسون هذا الجسيم كأحد نواتج التفاعل النووي عندما عرض بعض النوى للأشعة الكونية . هذه الأشعة تأتي عادة من الفضاء الخارجي (النجوم والمجرات الواقعة خارج نظامنا الشمسي) وتتألف من بروتونات والكترونات (وجسيمات أخرى) ذات طاقات عالية جدا . وقد رصدت هذه البوزيترونات لاحقا أيضا في بعض التفاعلات المختبرية النووية عندما عرضت بعض النوى لأشعة ألفا عالية الطاقة (الصادرة من البولونيوم المشع) .

ويمكن تفسير انبعاث البوزيترون من نواة ما على أنه تحلل مشابه إلى تحلل أشعة بيتا سالفة الذكر ، مع الاختلاف التالي . في حالة البوزيترون يتحلل بروتون داخل النواة الى نيوترون يبقى داخل النواة وبوزيترون ينبعث الى الخارج في الحال . هذا النوع من الانحلال يحدث فقط داخل النواة ، إذ أن البروتون الحر (خارج النواة) هو جسيم ثابت مستقر .

٥ ـ ٥ ـ ٦ الانشطار النووي

ولننظر الآن الى موضوع الطاقة في التفاعلات النووية ، وهو موضوع على غاية الأهمية من الناحيتين العلمية والعملية . لقد كان واضحا للفيزيائيين منذ البداية (حوالي ١٩٠٦) أن الاشعاعات النووية تحتوي على قدر هائل من الطاقة ، إذ أن جسيم ألفا الصادر عن اليورانيوم مثلا ، يحتوي على طاقة حركية تزيد عن (٤) مليون الكترون فولط ، أي حوالي ٦×١٠^-١٣ جول . وهي طاقة هائلة بالمقارنة مع طاقة الذرات الناتجة عن احتراق الوقود التقليدي . فحرق الفحم بالطريقة العادية يولد حوالي ٥٨ كيلو حريرة للمول الواحد (mole) أي حوالي ٦×١٠^-١٩ جول للذرة الواحدة من الفحم . وهكذا فان الطاقة في التفاعلات النووية هي أكبر من تلك التي في التفاعلات الكيميائية العادية بمليون مرة أو أكثر . من أين تأتي هذه الطاقة النووية الهائلة ؟

لقد لاحظ العلماء مبكرا شيئا غريبا آخر في التفاعلات النووية ، وهو أن الكتلة غير متحفظة (non conserved) في العادة . فقد تكون الكتلة للنواتج أكبر أو أصغر من الكتلة الداخلة في التفاعل . ففي التفاعل الذي أجراه العالمان كروفت ووالتون : ليثيوم + بروتون ← ٢ جسيم ألفا ، وجد أن الكتلة الكلية تنقص بالمقدار ٠,٠١٨٦٢ وحدة ذرية أي ٠,٠٣٠٨٧٢ × ١٠^-٢٧ كغ . وكان العلماء متأكدين بأن هذا النقص يمثل ظاهرة حقيقية . وليس خطأ عارضا في الأجهزة القياسية المستخدمة . كانت درجة الدقة عالية جدا في تلك الأجهزة الحديثة .

على كل حال ، هذا الخلل في مبدأ حفظ الكتلة لم يكن مزعجا عند اكتشافه . إذ إنه كان متوقعا بالفعل . ويمكن تفسيره بسهولة حسب النظرية النسبية (الذي كان قد قدمها اينشتاين ، عام ١٩٠٥) والتي تقول ، من جملة أمور عديدة (أنظر جزء ٥ ـ ٦ ـ ٥) ، بتكافؤ الكتلة والطاقة : أي طاقة = كتلة × (سرعة الضوء)^٢ . هذه المعادلة الهامة تقول بأنه يمكن في بعض الظروف تحويل الكتلة الى طاقة والعكس بالعكس . لكن الشيء المهم في المعادلة ،

من الناحية العملية ، هو أن سرعة الضوء كبيرة جدا ($٣×١٠^{٨}$ متر/ ثا) ، لذلك فإن تحويل حتى مقدار صغير من الكتلة يؤدي الى توليد طاقة كبيرة . ففي تفاعل الليثيوم المذكور أعلاه تتولد طاقة مقدارها $٠,٠١٨٦٢ × ١,٦٥٩٨ × ١٠^{-٢٧} × (٣ × ١٠^{٨})^{٢} = ٢,٨ × ١٠^{-١٢}$ جول أو $١٧,٣ × ١٠^{٦}$ أ.ف (الكترون فولط) . ولكن بأي شكل تظهر هذه الطاقة ؟ إنها تظهر على شكل طاقة حركية عالية للنواتج ، أي جسيمات (ألفا) في هذه الحالة .

هذه الطاقة قد تبدو قليلة ، ولكن اذا أخذنا بعين الاعتبار أن الكتلة العادية من المادة تحتوي على عدد كبير من النوى (حوالي $١٠^{٢٣}$) التي تشترك في العملية ، فإن ذلك يؤدي إلى انتاج كمية هائلة من الطاقة . فإذا استعملنا ١ كغ من الليثيوم أعلاه ، فاننا نستطيع توليد كمية من الطاقة تكفي لتشغيل محطة كهربائية قدرتها (١٠) ميغاواط أو أكثر ، لمدة يوم كامل . . (يمكن تحويل الطاقة الحركية الناتجة لجسيمات ألفا الى طاقة حرارة بايقاف هذه الجسيمات بواسطة سائل ما .)

لكن الطريقة سالفة الذكر ليست وسيلة عملية لانتاج الطاقة ، ذلك أن عدد البروتونات التي تؤدي الى هذا التفاعل ضمن حزمة البروتونات الموجهة نحو عينة الليثيوم قليل ، وبذلك فإن الطاقة الناتجة قد تكون أقل من الطاقة المستهلكة في تكوين الحزمة .

لكن الصورة تغيرت كليا في عامي (١٩٣٨ ـ ١٩٣٩) . في تلك الفترة كان العالمان هاهن وستراسمان في ألمانيا يجريان تجارب على تصادم نوى اليورانيوم . هذه التجارب كانت في جزء منها امتدادا لتجارب مماثلة كان قد أجراها العالم الايطالي فيرمي وزملاؤه في ايطاليا حوالي عام ١٩٣٤ . وكانت تؤدي الى ظهور أشياء غريبة ، على ما يبدو ، حيث تظهر في نواتج التصادم عدة ذرات خفيفة (أقل من اليورانيوم) ، وبعضها كان مشعا ، أي يصدر إشعاعات بيتا . وعلى سبيل المثال كان بعض هذه الذرات الخفيفة باريوم ـ ١٤١ وكريبتون ـ ٩٢ وغيرها . وبعد جدل حاد حول الموضوع توضحت الصورة التالية : عندما يصطدم النيوترون بنواة اليورانيوم تتشكل نواة جديدة غير مستقرة . تهتز هذه النواة بشكل حاد ثم تنقسم (تنشطر) الى زوج من النويات المتقاربة في الكتلة (باريوم وكريبتون ، مثلا) . بالاضافة الى هذه النويات ، تتولد بعض النيوترونات الجديدة نتيجة لهذا الانقسام (ثلاثة نيوترونات في التفاعل سالف الذكر) . عملية الانقسام هذه سميت بالانشطار النووي (nuclear fission) .

لكن الذي أثار الاهتمام في الموضوع لم يكن العملية نفسها ، إنما حقيقة تولد نيوترونات جديدة في العملية التي نتجت أصلا عن اصطدام نيوترون بنواة اليورانيوم . فكر الفيزيائيون بالطريقة التالية : النيوترونات الجديدة يمكن أن تصطدم بنوى أخرى من اليورانيوم ، مولدة نيترونات جديدة أخرى لتصطدم بنوى جديدة ، وهكذا . وهذا هو مبدأ التفاعل النووي التسلسلي (nuclear chain reaction) الذي يمكن بواسطته توليد كميات هائلة حقا من الطاقة ، إذ إن قدرا كبيرا من الطاقة ينتج في كل تفاعل ، ويمكن للتفاعل أن يستمر بنفسه بعد أن يبدأ .

وقد عمل فريقان علميان في الولايات المتحدة على استثمار هذه الفكرة لتوليد أجهزة نووية لأغراض خاصة . الفريق الأول كان يقوده العالم الايطالي « إنريكو فيرمي » (١٩٠١ ـ ١٩٥٤) .

نشأ فيرمي في إيطاليا ، وبعد أن حصل على شهادة الدكتوراة في بحوث الأشعة السينية درس في عدة جامعات إيطالية وقام بأبحاث في مجالات فيزيائية مختلفة . لكن في منتصف الثلاثينيات تخصص فيرمي وزملاؤه المدينون (الذين عرفوا باسم مدرسة روما) في تصادمات النيوترون مع النوى المختلفة . ولكونه حياديا ، فإن النيوترون له مقدرة قوية على التفاعل . اذ لا تعيقه قوى التنافر الكهربائي مع الشحنات الموجبة لنوى الذرات كما هو الحال مع جسيمات ألفا أو البروتون مثلا وقد اكتشف فيرمي عددا كبيرا من النظائر النووية بواسطة طريقته الخاصة هذه . لقد أصبح « الفارس النيوتروني » في العالم .

وفي عام ١٩٣٨ حصل «فيرمي» على جائزة نوبل ، وهاجر إلى الولايات المتحدة هربا من إيطاليا التي كانت تعصف بها رياح الفاشية في ذلك الوقت . وفي وطنه الجديد صب فيرمي جهوده الكاملة ، خصوصا بعد معرفة نتائج هاهن وستراسمان على استخدام التفاعل التسلسلي لبناء مفاعل نووي . وقد نجح في ذلك فعلا في ٢ ديسمبر ١٩٤٥ ، حيث بنى المفاعل النووي الأول في التاريخ قرب ملعب رياضي بجانب جامعة شيكاغو (شكل ٢٣) . لقد وصف آرثر كومبتون ، الفيزيائي الامريكي المعروف (انظر جزء ٥ ـ ١ ـ ٣) هذا الحدث في برقية الى الحكومة الأمريكية كما يلي : وصل الملاح الايطالي الى العالم الجديد (هذا الوصف الرمزي كان بسبب دواعي الحرب العالمية التي كانت مستعرة في ذلك الوقت) .

أما الاستخدام الآخر للتفاعل التسلسلي فقد كان بناء القنبلة الذرية (النووية) ، لقد أنشأت الحكومة الأمريكية عندئذ مشروعا خاصا لهذا الغرض (مشروع مانهاتان) ، بعد وصول أخبار عن اعتزام ألمانيا النازية إنتاج هذا النوع من القنبلة ، معتمدة على تجارب هاهن وستراسمان . مشروع مانهاتن هذا أدى عندئذ الى إنشاء مركز علمي ـ



(شكل ٢٣)

توضيح لتصميم المفاعل النووي . الطاقة الناتجة في قلب المفاعل تسخن تياراً مائياً يؤدي الى توليد بخار ساخن يؤدي الى تشغيل عنفات لتوليد الطاقة الكهربائية

عسكري ، وهو (مركز لوس آلاموس) في ولاية نيومكسيكو الصحراوية في جنوب غرب الولايات المتحدة ، وقد احتشد في هذا المركز أضخم عدد من العلماء النوويين البارزين برئاسة الفيزيائي الامريكي الشهير روبرت اوبنهايمر . وقد تمخضت هذه الجهود عن إنتاج هذه القنبلة وتفجيرها للمرة الأولى في صحراء نيومكسيكو في ١٦ يوليو ١٩٤٥ ، ودخلت الأسلحة النووية التاريخ .

٥ - ٥ - ٧ : الاندماج النووي - الطاقة الشمسية - القنبلة الهيدروجينية

الطريقة الأخرى لانتاج الطاقة من التفاعلات النووية هي في استخدام عملية (الاندماج النووي) (nuclear fusion) . في هذه العملية ، تندمج عدة نوى خفيفة (بروتونات ، مثلا) لتكوين نواة كبيرة . والنقص في الكتلة في هذا التفاعل يتحول الى طاقة مفيدة . هذه العملية تحدث بغزارة ، على ما يعتقد ، في المنطقة المركزية من الشمس ، تحت درجة الحرارة والضغط المرتفعين جدا ، ويؤدي إلى إنتاج الطاقة الشمسية الهائلة التي نشاهدها . (حوالي ٣,٨ × ١٠^٢٦ جول/ثا) .

إن عملية إنتاج الطاقة الشمسية هذه كانت لغزا علميا محيرا منذ منتصف القرن التاسع عشر . منذ ذلك الوقت ، تأكد الفيزيائيون بأنه لا يمكن إنتاج هذه الكمية الهائلة من الطاقة لهذه الفترة الطويلة جيولوجيا (حوالي ٥ مليار سنة) بأية طريقة عادية تقليدية . إن الأمر يحتاج إلى عملية من نوع جديد ، لم تكن معروفة آنذاك .

ولكن في جو النشاط النووي في منتصف الثلاثينات توصل عدد من الفيزيائيين في الولايات المتحدة (بيت ، غامو وغيرهما) الى أن عملية الاندماج النووي هي المسؤولة عن توليد الطاقة في الشمس والنجوم الأخرى . التفاعل النووي الرئيسي هو : بروتونات ← جسيم (الفا) . في هذا التفاعل الذي يحصل على مراحل تنقص الكتلة بمقدار ٠,٠٢٦٦ وحدة ذرية (أي ٠,٠٤٤١٥ × ١٠^-٢٦ كغ عند توليد كل جسيم الفا واحدة .

وهذا يساوي ، حسب معادلة آينشتاين سالفة الذكر ، (٢٥) مليون الكترون فولط . هذه الطاقة تظهر على شكل أشعة غاما تنطلق من التفاعل وأيضا على شكل طاقة حركية لجسيمات ألفا الناتجة في التفاعل . نتيجة لهذا الاندماج النووي ، فإن كتلة الشمس في تناقص مستمر لتوليد الطاقة الشمسية ، فهي تتناقص بمعدل (٤,٢) مليون طن في الثانية أي ما يعادل ١٪ من كتلتها في فترة مليار سنة !

حتى الآن لم يبن أي مفاعل نووي من النوع الاندماجي ، رغم المحاولات والأبحاث العديدة الجارية في هذا الاتجاه في الولايات المتحدة والاتحاد السوفياتي . المشاكل الرئيسية التي أعاقت نجاح هذه التجارب هي أن الأمر يتطلب درجات عالية من الحرارة وحوالي (٢٠ مليون درجة) والضغط (٢ × ١٠^١١ ضغط جوي) والكثافة (٢٠٠غ /سم^٣) ، اي مائتا ضعف كثافة الماء . وهي الظروف الموجودة في مركز الشمس تقريبا . ومن الواضح أن توفر هذه الظروف ليس بالأمر السهل ولكن عندما تحل هذه المشاكل ، كما يتوقع كثير من الفيزيائيين المتفائلين ، فان

كميات هائلة من الطاقة السليمة والآمنة ستكون متوفرة للانسان بأسعار رخيصة وبلايين السنين . البعض يتوقع أن يحدث ذلك قبل منتصف القرن القادم .

وعلى كل حال ففي عام ١٩٥٢ تم بناء أداة تعمل على مبدأ الاندماج النووي وهي القنبلة الهيدروجينية الأمريكية . في هذه القنبلة يتم التفاعل الاندماجي (مثلا) : ٢ ديوتيرون ← هيليوم ــ ٣ + بروتون ، مولدا كمية (٤,٠) × ١٠' ١ [. ف في التفاعل . ويتم الحصول على الحرارة والضغط العاليين في هذه الأداة بواسطة تفجير قنبلة انشطارية ، تضغط المواد الاشعاعية في قلب القنبلة .

٥ ـ ٥ ـ ٨ : القوة النووية :

والآن لابد من الالتفات الى موضوع هام وهو موضوع القوة النووية (nuclear Force) . لقد قلنا إن النواة تتألف فقط من البروتونات ويدعى كل من هذين الجسيمين نيوكليون (nucleon) أي نوية (نواة صغيرة) . وهكذا فالنواة تتألف من عدد ما من النيوكليونات . ولابد أن النيوكليونات تتجاذب مع بعضها لتكوين نواة مترابطة ومستقرة ، كما هو الحال في كثير من النوى . هذه القوة هي نوع جديد من القوى ، غير القوة الكهربائية بين الشحنات أو القوة الثقالية بين الكتل . الى جانب ذلك يجب ان تكون القوة الجديدة قوية وشديدة جدا لدرجة تكفي للتغلب على التنافر الكهربائي الذي يحدث بين البروتونات الموجودة داخل النواة . في نفس الوقت يجب أن يكون نموذجنا عن القوى النووية قادراً على تفسير ظاهرة الاشعاع النووي التي نشاهدها كثيرا ، خصوصا في النوى الثقيلة ، وهو ما أدى الى اكتشاف النواة في المقام الأول .

يمكن أن نتخيل القوة النووية كما يلي : لنتخيل بروتونا ونيوترونا وبينهما مسافة ما . ليس هناك قوى بينهما لأن النيوترون حيادي (القوة الكهربائية منعدمة) ، ولأن القوة الثقالية صغيرة جدا لدرجة الإهمال . إذا اقترب النيوترون تبقى القوة منعدمة إلى أن يصبح النيوترون على مسافة صغيرة جدا من البروتون (حوالي ١٠سم) عندئذ تظهر فجأة قوة تجاذب شديدة تربط هذين الجسمين في «جزيء» نووي يدعى الديوتيرون (deuteron) . وهو جسيم مستقر ، يمكن أن يبقى مترابطا لفترة طويلة جدا بدون أي تحلل أو انحلال . وببساطة فإن البروتون والنيوترون يدوران حول بعضهما ، كما تفعل ذرات الهيدروجين في جزيء الهيدروجين العادية . وطاقة الربط للديوتيرون ، أي الطاقة اللازمة لفصل البروتون والنيوترون عن بعضهما ، تبلغ (٢,٢) مليون أ . ف . وهي طاقة كبيرة على مستوى الجسيمات الدقيقة . هكذا نستنتج أن القوة النووية قوة شديدة ولكنها قصيرة المدى (short range) حقا ، فهي لا تلعب دوراً إلا عند المسافات القصيرة .

هذه القوة التجاذبية النووية الثنائية نفسها موجودة أيضا بين نيوترون ونيوترون آخر وبين بروتون وبروتون آخر . لكن في الحالة الاخيرة (حالة البروتونين) توجد أيضا قوة إضافية أخرى وهي قوة التنافر الكهربائية بسبب وجود الشحنة الموجبة على الجسيمين . إن فرضية وجود نفس القوة النووية الثنائية بين أي زوج من النيوكليونات تبسّط معالجة القوى النووية في النوى الكبيرة وهي فرضية مبنية على عدد من الحقائق ، لا مجال لذكرها هنا .

٥ ـ ٥ ـ ٩ : طاقة الربط النووية :

والآن نستطيع أن نفهم ترابط النواة بالشكل التالي . في النواة يوجد عدد ما من النيوكليونات التي تتجاذب مع بعضها بعضا عبر القوة النووية الثالثة . في نفس الوقت تتنافر البروتونات مع بعضها ، لكن القوة النووية تتغلب ، وتبقى النواة مستقرة .

وفي مجال استقرار النواة هناك وسيط (parameter) هام جدا يسمى طاقة الربط (binding energy) . هذه الطاقة تعرف بأنها الطاقة اللازمة لتفكيك النواة إلى نيوكليونات منفصلة . ويمكن حساب هذه الطاقة من الفرق بين كتلة النواة المقيسة وبين مجموع كتلات النيوكليونات الداخلة في تركيب النواة . هذا الفرق في الكتلة ، يدعى نقص الكتلة (mass defect) ، ويعكس فرق الطاقة بين حالة التحرر وحالة الترابط للنواة ، وهي بالضبط طاقة الربط .

وهناك منحنى معروف جدا في الفيزياء النووية ويدعى «منحنى طاقة الربط ـ Binding energy curve» . في هذا المنحنى ترسم متوسط طاقة الربط للنيوكليون الواحد مقابل العدد الكتلي عمك كما في (شكل ٢٤) (متوسط طاقة الربط للنيوكليون هو طاقة الربط الكلية للنواة مقسومة على عدد النيوكليونات في النواة) .



(شكل ٢٤)

منحنى طاقة الترابط النووية . طاقة الترابط النووية تبلغ ذروتها عند عنصر الحديد .

طاقة الربط (النوعية) هذه هي مؤشر على مدى استقرار هذه النواة ، فكلما كانت هذه كبيرة كانت النواة اكثر استقراراً . نلاحظ من الشكل أن النوى الاكثر استقرارا تقع في المجال الكتلي عك = ٥٠ - ٩٠ ، وهي تضم المعادن المألوفة مثل النحاس (٦٤) والحديد (٥٦) ، إن طاقة الربط النوعية هنا هي حوالي (٨,٧٥ × ١٠) إ . ف للنيوكليون . وبالمقارنة فإن هذا الرقم لنواة اليورانيوم (٩٢) (هو ٧,٦١ × ١٠) إ . ف وللديوتيرون هو (١,١٢ × ١٠) أ . ف

ولهذا المنحنى مغزى هام جدا . فهو يعني بان النوى الثقيلة ، حيث(عك) اكثر من ٩٠ ، تميل نحو الانشطار في الظروف المناسبة ، لتتحول بذلك الى نوى معتدلة مستقرة . وللنوى الخفيفة ، حيث (عك) أقل من (٥٠) ، ميل للاندماج لتتحول هي أيضا الى نوى معتدلة مستقرة . هذا المنحنى يحمل في طياته كلا من مفهومي الانشطار النووي والاندماج النووي اللذين سبق أن عالجناهما .

كما يلاحظ من الشكل أن العدد عك = ٤ له استقرار خاص ، كبير في مجاله . وهذا أمر متوقع لأن هذا العدد يمثل بالفعل جسيم اشعاعات (ألفا) . والدليل على استقرار الجسيم الخاص هو أنه يخرج كجسيم واحد (رغم أنه جسيم مركب) ، بدلا من أربعة نيوكليونات .

٥ ـ ٦ : النظرية النسبية الخاصة

٥ ـ ٦ ـ ١ تجربة (مايكلسون ومورلي) وسرعة الضوء

نأتي الآن في عرضنا إلى النظرية النسبية (Theory of relativity ←) . يجب أن نعود الى الوراء بعض الوقت ، وبالخصوص الى بداية هذا القرن . في ذلك الوقت ، وكانت هناك مشكلة مبدئية كبيرة تتعلق بالنظرية الكهرطيسية عموما ، وبالأمواج الكهرطيسية على وجه الخصوص . فالأمواج ، حسب مفهومنا لها تحتاج الى وسط فيزيائي تتحرك فيه (مثل الأمواج الصوتية التي تتحرك في غاز الهواء) . هذا الوسط المفترض ، للأمواج الكهرطيسية ، سمى الاثير (ether) وعرف بانه مادة كونية ، مستقرة (غير متحركة) تملأ كل الكون ، وتستطيع أن تنقل الأمواج الكهرطيسية .

لكن هذا الوسط غريب حقا ، إذ لا يمكن مشاهدته مباشرة بأية طريقة ، بينما تستطيع أن تتحرك الجسيمات فيه بكل سهولة ، حيث لا تعاني من أي احتكاك . وفوق ذلك كله ، فإن معادلات ماكسويل (أساس النظرية الكهرطيسية) لا تظهر أي أثر لهذا الوسط الغريب .

وفي عام ١٨٨٧ قام الفيزيائي الأمريكي «ألبرت مايكلسون» (١٨٥٢ ـ ١٩٣١) باجراء تجربة هامة وحاسمة وذلك للاجابة على السؤال التالي : اذا استقبلنا الضوء باستعمال كاشف متحرك في الأثير ، فما هي سرعة الضوء بالنسبة لهذا الكاشف المتحرك ؟ لقد قام مايكلسون ومساعده مورلي بتصميم جهاز حساس ودقيق ومبتكر لقياس السرعة النسبية للضوء القادم من الشمس بالنسبة للأرض التي تدور حول الشمس . الضوء هنا يأتي من الشمس

الثابتة في الأثير المستقر ، ويستقبله راصد مثبت على جسم متحرك ، هو الأرض (سرعة الأرض يمكن قياسها بواسطة مفعول دوبلر ـ أنظر جزء ٤ ـ ٢ ـ ٣) .

الجهاز يعرف الآن باسم : مقياس مايكلسون التداخلي . لقد كان مايكلسون ومعظم الفيزيائيين الآخرين يتوقعون عندئذ أن تختلف السرعة التي سيسجلها الجهاز عن سرعة الضوء في الأثير (سر = ٣ × ١٠ ^٨ م/ثا) ، بسبب حركة الأرض (ما يعرف باسم السرعة النسبية) . لكن لدهشته (وخيبة أمله) ، وجد أن السرعة المسجلة هي تماما نفس السرعة في الأثير . كان الشعور العام أن النتيجة كانت سلبية ، (فاشلة) الى حد ما ، رغم الجهود الكبيرة التي بذلت في تنفيذها . ولكن هذه النظرة إلى التجربة تغيرت كثيرا ، عندما بيَّن آينشتاين بأن نتيجة مايكلسون السلبية صحيحة وتنطوي على مغزى في غاية الأهمية .

ولد مايكلسون في ألمانيا ، ثم هاجر أمريكا خلال طفولته . درس في الأكاديمية البحرية الأمريكية ثم في جامعات برلين ، هايدلبرغ ، وباريس . قام بالتدريس بعد ذلك في بعض الجامعات الأمريكية ، ثم أخيرا في جامعة (شيكاغو) لفترة تقترب من أربعين عاما . وقد قضى مايكلسون معظم حياته العلمية في مجال قياس سرعة الضوء بدقة كبيرة . وحصل على جائزة نوبل ١٩٠٧ من أجل أجهزته البصرية الدقيقة والبحوث الطيفية والقياساتية التي أجراها بواسطتها . لقد وصفه آينشتاين بالفنان في العلوم وقال عنه أيضا : «متعته الكبيرة تأتي من جمال التجربة ذاتها ، ومن أناقة الطريقة المستخدمة فيها» . وقالت عنه لجنة نوبل عند تسليمه الجائزة : «إنه الرجل الذي علَّم العالم طريقة القياس» .

٥ ـ ٦ ـ ٢ ـ فرضيات النظرية النسبية

هذا الارتباك العام حول سرعة الضوء والأثير والمفاهيم المتعلقة بها انتهى فجأة في عام (١٩٠٥) عندما نشر عالم العصر العظيم الألماني المولد «ألبرت آينشتاين» (١٨٧٩ ـ ١٩٥٥) نظريته الشهيرة المعروفة باسم . «نظرية النسبية» كان عنوان النشرة العلمية «عن الديناميك الكهربائي للأجسام المتحركة» ، درس آينشتاين في سويسرا وحصل على الدكتوراة في المعهد التكنولوجي السويسري في زوريخ في عام ١٩٠٦ . وفي (١٩٠٢ ـ ١٩٠٩) عمل كفاحص في مجال براءات الإختراع في دائرة البريد السويسرية . وفي عام ١٩١٣ ، بعد بروزه في علم الفيزياء عُيِّن أستاذاً للفيزياء النظرية في معهد القيصر ولليهيلم في برلين ، حيث حصل في عام ١٩٢١ على جائزة نوبل (عن عمله في التأثير الكهروضوئي (انظر جزء ٥ ـ ١ ـ ٣) . وفي عام ١٩٣٢ هاجر الى معهد الدراسات العالية في برنستون في الولايات المتحدة ، حيث عمل بقية حياته في ظروف هادئة وشبه انعزالية .

. النظرية التي قدمها آينشتاين في نشرته تعتمد على الفرضيتين التاليتين :

١ ـ إن القوانين الفيزيائية تحتفظ بصيغة ثابتة (invariant) في جميع الإطارات المرجعية (frames of references) القصورية (inertial) أي التي تختلف عن بعضها بسرعات ثابتة .

٢ - إن سرعة الضوء في الفراغ لها قيمة ثابتة (ومطلقة) بالنسبة لجميع الراصدين (observers) كما أن سرعة الضوء لا تعتمد على حركة أو سرعة المصدر الذي يبعث هذا الضوء .

هاتان الفرضيتان قد تبدوان مقبولتين لأول وهلة ، بدون إثارة جوانب جدلية كثيرة ، لكنهما تحملان في طياتهما معاني عميقة ومفاهيم جدلية كثيرة عند التحليل والتعمق في التفاصيل . فالفرضية الأولى قضت بشكل نهائي على مفهوم الإطار الاساسي (الأثير) . إن كل الإطارات القصورية متساوية في وضعها الفيزيائي . فالإطار الذي يستعمله راصد في المختبر مثلاً (الأطار الثابت بالنسبة لنا) يتساوى تماما مع الإطار الذي يستعمله راصد آخر موجود على قطار متحرك بسرعة ثابتة نسبة إلى المختبر . إن قوانين الفيزياء لا تميز بين الإطارين بتاتا . وبمعنى آخر ، لو كان القطار بدون نوافذ يستطيع أن ينظر منها الراصد ، وأجرى هذا تجارب فيزيائية داخل قطاره ، لما استطاع أن يعرف أن القطار (إطاره) يتحرك أم لا . إذن يستخلص آينشتاين ، ان الحركة المطلقة ليس لها معنى في الفيزياء ، كما أن الإطار المطلق الثابت ليس له معنى بتاتا . ليس هناك أثير (الوسط المطلق) . ثم إن الأمواج الكهرطيسية تنطلق في الفراغ وليس هناك حاجة لوجود أثير ينقلها . هذا التفسير كان متفقا تماما مع روح معادلات ماكسويل وأمواجها الكهرطيسية .

أما الفرضية الثانية وهي ثبات سرعة الضوء فهي غريبة حقا ، لانها تتعارض مع مفاهيم الميكانيك حول انتشار الأمواج في الأواسط الميكانيكية ، مثل الصوت في الهواء ، ففي هذه الأواسط ، تعتمد سرعة الموجة على حركة المصدر وعلى حركة الراصد أيضا بشكل معروف يمكن اشتقاقه من قوانين (نيوتن) الميكانيكية . فرضية آينشتاين الثانية تقول بأن هذا لا ينطبق على الأمواج الكهرطيسية (الضوئية) وانتشارها في الفراغ . والسبب وراء الفرضية هو تجربة مايكلسون - مورلي التي أظهرت ثبات سرعة الضوء . والسبب الأهم من ذلك ، بالنسبة لآينشتاين ، وهو أن معادلات ماكسويل توحي بشدة على ثبات سرعة الضوء والأمواج الكهرطيسية في جميع الإطارات .

الخلاصة ، فإن فرضيتي آينشتاين قد حققتا الأمور التالية : إزالة مفهوم الأثير المحيِّر ، تفسير نتيجة تجربة (مايكلسون - مورلي) السلبية عن سرعة الضوء ، تدعيم مركز معادلات ماكسويل الكهرطيسية على أنها معادلات أساسية . هذه أمور كانت تشغل بال الفيزيائيين في تلك الفترة .

٥ - ٦ - ٣ - تمدد الزمن

لكن الثمن الذي دفع مقابل ذلك كان تغيرا جذريا في بعض المفاهيم الفيزيائية الأساسية جدا مثل مفهوم الزمن المطلق ، والطول المطلق ، وحفظ الكتلة وغيرها . لنلتفت الآن الى بعض من هذه التطورات . لنأخذ أولا قضية الزمن والقياس الزمني . إن قياس الزمن بطريقة مقنعة بواسطة فيزيائية يمكن أن يتم بالطريقة المبينة في شكل (٢٥) : الراصد (ب) لديه مرآتان متوازيتان على بعد (ط ل) من بعضهما ، ولديه مصدر للضوء . يرسل الراصد إشارة ضوئية عمودية على المرآتين ، تنعكس الإشارة على المرآة العليا ، تتجه نحو المرآة الدنيا وتنعكس منها نحو

العليا ، وهكذا . . . . الراصد (ب) تسجل ساعته وحدة زمنية في كل مرة تنعكس الإشارة من المرآة الدنيا . أما الزمن الذي تستغرقه الإشارة بين الإرتطامين فهو المسافة الكلية المقطوعة (٢ طل) مقسوما على سرعة الإشارة (سض) ، أي ز. = ٢ طل/ سض . هذه هي الفترة الزمنية التي تسجلها ساعة الراصد بين الحادثين (events) أي انعكاسين متواليين للاشارة الضوئية عن المرآة الدنيا .

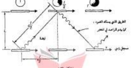


(شكل ٢٥)

جهاز بسيط لقياس الزمن من قبل راصد ثابت بالنسبة للجهاز .

لننظر الآن الى هذه التجربة البسيطة من إطار مرجعي آخر . لنفرض أن الراصد (ر) كان في الواقع يجري تجربته في قطار متحرك سرعته (س) وهو يحتوي على كل الأجهزة التي يحتاج اليها : المرايا ، الساعات ، مقاييس الأطوال ، وغيرها . في إطاره ، سيجد هذا الراصد نفس النتائج التي ذكرناها سالفا . ولو افترضنا الآن أن راصدا آخر (راصد ر) موجود في مختبر يقع بجانب سكة القطار ، وأن هذا الراصد يستطيع مشاهدة التجربة التي يجريها راصد القطار . لنفرض الآن أن الراصد (ر) أثاره الفضول وأراد أن يقيس الفترة الزمنية بين الارتطامين ، وهي الفترة التي كان يقيسها (ر.) . فماذا سيجد (ر) ؟ بداية ، يجب أن يكون واضحا بأن التجربة بالنسبة الى (ر) ستظهر كما هو مبين في (شكل ٢٦) . خلال الفترة التي يذهب فيها الضوء من المرآة (م١) ، تكون المرآة (م٢) قد تحركت (المرايا موجودة في القطار) ؛ هكذا يقطع الضوء خطا مستقيما كما هو مبين في يسار شكل (ب) . وحين العودة من (م٢) إلى (م١) تكون (م١) قد تحركت مرة أخرى ، فيأخذ الضوء خطا مستقيما مائلا ، كما هو مبين الى يمين الشكل ب . يحسب الراصد (ر) الفترة الزمنية المنقضية كالتالي : ز= مسافة / سض . فالمسافة هي مجموع الضلعين

(الرحلة الكاملة) ، أما س فهي نفس السرعة التي استعملها الراصد ر في إطاره حسب آينشتاين . عندما يتم الحساب بواسطة استعمال بعض العلاقات الهندسية البسيطة ، يحصل المرء على النتيجة التالية : $ز = ز_{0} \sqrt{1 - \frac{س^2}{ع^2}}$. هكذا نحصل على النتيجة المدهشة جدا ، أي أن (ز) لا تساوي (ز.) وأن الزمن هو نسبي يعتمد على الراصد الذي يقيسه وبالذات (ز) هي أكبر من (ز.) . تسمى هذه الظاهرة ب (تمدد الزمن = Time dilation) أي أن الراصد (ر) يجد الفترة الزمنية بين الحادثين (الارتطامين المتتاليين) أكثر طولا . ويقال أيضا بأن الساعة للراصد (ر.) تجري بصورة أسرع من ساعة الراصد (ر.) .



(شكل ٢٦)

التجربة السابقة (تجري في قطار متحرك) - كما يبدو للراصد الثابت .

قبل آينشتاين ، ومنذ زمن نيوتن ، كان الفيزياويون يعتقدون بوجود زمن كوني مطلق (absolute time) يمر بمعدل ثابت ويغطي جميع أنحاء الكون . وعلى وجه الخصوص ، فإن الفترة الزمنية بين أي حادثين هي مقدار ثابت ، مثلا ٤ ثانية بغض النظر عن الراصد الذي يجري القياس . أما آينشتاين فقد قال بأنه ليس هناك زمن مطلق بتاتا ، وأن الفترة الزمنية بين حادثين تعتمد على الراصد الذي يجري القياس . هذه النتيجة الغريبة هي نتيجة تابعة منطقيا من ثبات سرعة الضوء .

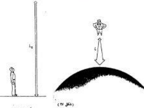
وإذا تساءلنا أي الرقمين صحيح ، (ز) أو (ز.) فالجواب هو أن كليهما صحيح ، بالنسبة لإطاره . لكن الزمن (ز) أصلح نوعا ما لأنه ، في إطار هذا الراصد (القطار) ، تبقى المرآة م المستعملة في القياس ثابتة في مكانها خلال القياس . وبقول آخر ، فإن الساعة الواقعة بجانب (م٢) هي ذاتها التي استعملت لقراءة بداية الفترة الزمنية ونهايتها . هذا الراصد يدعى بالراصد المناسب (proper observer) والفترة الزمنية (ز) التي يقيسها تدعى (الزمن المناسب - proper time) . بالمقارنة ، فإن (الراصد ر) ليس (مناسبا) لأن المرآة الحرجة (م٢) تتحرك بالنسبة له ، وعليه في الواقع أن يقرأ بداية الفترة ونهايتها على ساعتين مختلفتين .

إن إختبار ظاهرة التمدد الزمني بشكل مباشر هو أمر صعب ، لأن (ز) و (ز.) متقاربان جدا ، إلا عندما تكون السرعة (س) قريبة جدا من سرعة الضوء نفسها (٣×١٠^٨م/ثا) ، وهو أمر صعب التحقيق . ففي معظم الظروف

الواقعية تكون (س) أصغر من ذلك بكثير . لكن الاختبار قد تم فعلا بالطريقة التالية : نتيجة لتصادم الاشعة الكونية مع نوى الغازات في طبقات الجو العليا ، يتولد جسيم موجب الشحنة يدعى (الميزون ميو ـ meson + u) تبلغ كتلته (٢٠٧) ضعفا من كتلة الالكترون ، وليس مستقرا ، بل يتفكك أو يتحلل الى بوزيترون خلال فترة زمنية متوسطها هو ٢×١٠^-٦ ثا تقريبا . هذا هو العمر الوسطي ، من الولادة الى الانحلال لهذا الميزون . لكن هذا هو العمر الوسطي (ز.) المناسب (في الاطار المناسب) ، أي الإطار الذي يسير مع الميزون . هذا الميزون يسقط على الأرض بسرعة عالية جدا . تقارب (٢,٩٩٤ × ١٠^٨ م/ ثانية) ، أي حوالي ٠,٩٩٨ × سض ، إن عمر هذا الميزون بالنسبة للراصد المختبري على الأرض هو ز = ز./√(١ - (٠,٩٩٨)²) = ٣٢ × ١٠^-٦ ثا = ١٦ز . في هذا الإطار الارضي يكون عمر الميزون (١٦) ضعفا من عمره الذاتي (المناسب) . هذه النتيجة كانت متفقة تماما مع التجارب العديدة التي أجريت حول هذا الموضوع (وتتعلق بالمسافة التي يقطعها الميزون بين ولادته واندثاره) .

٥ ـ ٦ ـ ٤ : تقلص الطول

نأتي الآن الى مفهوم آخر أثار كثيرا من الجدل في حينه ، ألا وهو نسبية الطول . لو اعتبرنا قضيبا ما ذو طول معين (طل) فإن الاعتقاد السائد قبل آينشتاين كان يقول بأن هذا الطول هو مقدار ثابت ، لا يعتمد على الراصد الذي يقيسه . لكننا سنرى الآن أن هذا غير صحيح في نسبية آينشتاين . الطول هو نسبي أيضا . نستطيع أن نرى ذلك من قصة الميزون (ميو) سالف الذكر . لنتابع رحلة الميزون منذ ولادته الى نهايته (شكل ٢٧) . بالنسبة للراصد (ر) على الأرض ، فان الميزون يسير بسرعة (ض) نحو الأسفل ويقطع مسافة معينة وهي : طل = طل = سر × ز ،



(شكل ٢٧)

توضيح تقلص الطول النسبي . الطول الثابت (على اليسار) ويبدو متقلصاً ، بالنسبة للراصد المتحرك (اليمين) .

حيث (ز) هو الزمن الأرضي بين الولادة والنهاية . أما بالنسبة للراصد الميزوني ، فإن الميزون نفسه ثابت لا يتحرك والأرض هي التي تسير بسرعة (س) نحو الأعلى . الطول طل الذي قطعه الراصد (ر) كما يراه الراصد (ر.) هو طل = س × ز.) من العلاقتين حول (طل.) و (طل) والعلاقة بين (ز) و (ز.) المذكورة سابقا نستنتج العلاقة التالية : طل = طل. $\sqrt{1 - (س / سض)^2}$. هكذا فإن الطول ليس ثابتا ، وإنما يعتمد على الراصد وسرعته . في هذه الحالة ، الطول المناسب proper length) . هو طل ، لأن الطول المشار إليه لا يتحرك بالنسبة للإطار الأرضي . أما الطول (طل.) ، فهو غير مناسب ، لأن الطول أو القضيب متحرك بالنسبة لهذا الراصد . نرى من المعادلة أن (طل.) أصغر من (طل) مما يسمى بظاهرة (تقلص الطول Length Contraction . وهكذا فإن قضيبا متحركا بسرعة عالية ، يبدو متقلصا جدا بالنسبة لراصد ثابت . إن ظاهرة التقليص الطولي لم تختبر مباشرة بعد ، وذلك لصعوبة إجراء التجربة تحت ظروف السرعة العالية .

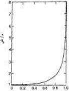
٥ - ٦ - ٥ - تكافؤ الكتلة والطاقة

هنالك نتائج واستخلاصات نسبية عديدة أخرى يمكن التوصل اليها إذا تابعنا هذا الخط التحليلي . مثلا ، فرضية آينشتاين الأولى تقول بأن قوانين الفيزياء يجب أن تبقى صحيحة في جميع الإطارات القصورية (ذات السرعة المنتظمة) ومن أهم هذه القوانين قانون حفظ الإندفاع وقانون حفظ الطاقة . إذا اعتبرنا الآن تجربة تصادم بين كتلتين ، فإننا نجد أن هذين القانونين لا يتحققان إلا إذا افترضنا أن الكتلة والطاقة (لجسيم ما) يعتمدان على السرعة بالشكل التالي :

الكتلة : $ك = ك. / \sqrt{1 - (\frac{س}{سض})^2}$

الطاقة : $طا = ك. سض^2 = ك. سض^2 / \sqrt{1 - (\frac{س}{سض})^2}$

بالنسبة للكتلة فإن ك. تمثل كتلة السكون (rest mass) للجسيم وك تمثل كتلة الجسيم المتحرك بالسرعة (س) . نرى من العلاقة أن الكتلة تتزايد مع تزايد (س) هذه نتيجة غريبة حقا ، إذ أن الاعتقاد السائد منذ نيوتن حتى أينشتاين كان يقول بأن الكتلة لجسم أو جسيم هي كمية ثابتة مختصة بالجسيم ، وتمثل كمية المادة الموجودة في الجسيم . الآن نرى أن هذا غير صحيح ، وأنها تعتمد على حركة هذا الجسيم أيضاً . الكتلة هي نسبية أيضا هذه العلاقة بين الكتلة والسرعة تم اختبارها بشكل دقيق ، كما هو مبين في الشكل (٢٨) . أما علاقة الطاقة فهي اكثر غرابة . قبل أينشتاين ، كان معروفا أن الجزء من الطاقة الذي يعتمد على حركة الجسيم هو الطاقة الحركية ، حيث طاحر = $\frac{1}{2}$ ك . × س٢ . أما العلاقة بين الطاقة والسرعة في النظرية النسبية فقد اصبحت أكثر تعقيدا . وبصورة خاصة نرى أن الجسم الساكن (س = ٠) يحتوي على طاقة مقدارها طا. = ك. (سض)٢ . وتدعى هذه بالطاقة الساكنة (rest energy) ، وتعني أن هناك تكافؤاً بين الكتلة والطاقة ، حيث يمكن تحويل الواحد الى الآخر . هذه الطاقة كبيرة جدا جدا ، وذلك بسبب سرعة الضوء العالية . فالطاقة الساكنة الموجودة في كيلوغرام واحد تساوي = ١ × ($١٠^٨$)^٢ = $١٠^{١٦}$ جول ، وهي طاقة كافية لتشغيل محطة بقدرة (١٠) ميغاواط لفترة ثلاثين سنة تقريبا .



(شكل ٢٨)

تزايد الكتلة مع السرعة

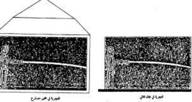
وقد ثبتت صحة هذه العلاقة عن التكافؤ بين الكتلة والطاقة في مجال التفاعلات النووية بما فيها عمليات الانشطار النووية والاندماج النووي ، كما رأينا سابقا (أنظر جزء ٥ ـ ٥ ـ ٦ وجزء ٥ ـ ٥ ـ ٧) .

كما نرى من العلاقات المتعددة التي وردت فيما سبق فإن سرعة الضوء تلعب دورا أساسيا في جميع المفاهيم الأساسية عن الزمن ، والطول ، والطاقة ...... الخ . كما أنه من الواضح ، أن هذه السرعة سض تشكل حدا أعلى لسرعة الجسيمات . فلا يمكن أن تصل سرعة الى (سض) ، لأن ذلك سيعني أن كتلة الجسيم ك وطاقته ط تصبح لا نهائية . إن السرعة يمكن أن تقترب من (سض) لأي درجة مطلوبة ، ولكنها لا يمكن أن تساويها تماما ناهيك عن تجاوزها . لماذا هذا الدور الخاص لسرعة الضوء ؟ الجواب على ذلك غير معروف الآن ، ولكن من المؤكد أن الأمواج الكهرطيسية (الضوء) التي يمكنها أن تنتشر في الفراغ لها مكانتها الخاصة في هذه الطبيعة .

مما سبق نرى أن نظرية النسبية أدخلت تعديلات جذرية في المفاهيم الأساسية للميكانيك ، لكنها لم تغير كثيرا في الكهرطيسية ومعادلات (ماكسويل) ، والسبب في ذلك أن معادلات ماكسويل هذه تتعلق أساساً بالمجالات الكهرطيسية أو الفوتونات التي تنتشر نفسها بسرعة الضوء . اذن هذا الجسيم (الفوتون) هو جسيم نسبي في الأساس ، ولا يمكن وصفه الا باستخدام معادلات تحتوي في داخلها على مفهوم النسبية ، أما في حالة الاجسام التي تسير بسرعات منخفضة (نسبة الى سرعة الضوء) فانه يمكن إهمال المفعول النسبي تماما . لذلك فان قوانين نيوتن بقيت صالحة ومستعملة ، لفترة طويلة ، ولم يظهر أي قصور فيها يشكك في مصداقية هذه القوانين . إنها صالحة ومستعملة كتقريب ممتاز في مجالات السرعات العادية ، ولا تزال حتى يومنا هذا ، أما عندما ندخل عالم السرعات العالية ـ الاشعة الكونية ، الجسيمات الصادرة من السرعات العالية ، ...... الخ ، فان قوانين نيوتن تكون قاصرة ، وليس هناك بديل عن استعمال النظرية النسبية .

٥ ـ ٦ ـ ٦ : النظرية النسبية العامة ـ الثقوب السوداء

في عام ١٩١٥ قدم آينشتاين ما سمي بالنظرية النسبية العامة (General theory of relativity) وقد ضمن في هذه النظرية الإطارات المرجعية المتسارعة ، مما يعني تعميم نظريته السابقة (الخاصة) التي اقتصرت على الاطارات ذات السرعات الثابتة . لا نود أن نخوض هنا في هذه النظرية المعقدة المثيرة للاهتمام لكننا نورد بعض نتائجها (الواضحة) من منطق الحس العادي ، النظرية العامة تعتمد على عدد من الفرضيات الجديدة ، ومنها ما يدعى (مبدأ التكافؤ equivalence principle) ، وهو يعني هنا التكافؤ بين الثقالة والحركة التسارعية . إذا تخيلنا راصداً موجوداً ضمن مصعد في الفضاء الخارجي وبعيدا عن أي نوع من الثقالة ، حيث يتسارع هذا المصعد نحو الاعلى مبتعدا عن الأرض بتسارع مقداره (تعج) اي تسارع الجاذبية الأرضية (٩,٨ متر / ثا × ثا) . والآن يجري هذا الراصد التجارب الفيزيائية المختلفة ضمن المصعد المتسارع (شكل ٢٩) ماذا سيستخلص هذا الراصد ؟ ان هذا الراصد ، الذي لا يعرف بانه متسارع ويفترض انه في إطار ساكن سيستخلص من التجارب الفيزيائية المختلفة التي يمكن ان يجريها ، مثلا حركة النواس ، ان هناك جاذبية أرضية بمقدار (تعج) لان التجارب تعطي نتائج مطابقة لتلك في مجال الجاذبية . هذه هي الفرضية بصورة عامة . هذه نتيجة هامة جدا ولها نتائج محددة جدا . وقد طبقها آينشتاين ، بالشكل التالي . اذا افترضنا شعاعا ضوئيا (يسير أفقيا في البداية في الاطار المتسارع ، فان هذا الشعاع سينحرف او ينحني تدريجيا نحو الاسفل بسبب حركة الاطار . اذن ، قال آينشتاين ، فان الشعاع المار بقرب كتلة كبيرة يجب ان ينحرف ايضا نحو الكتلة (بسبب الجاذبية المكافئة للتسارع) . ولقد ثبتت صحة هذا التنبؤ في عام ١٩١٩ عندما وجد أن الشعاع الضوئي القادم من نجوم بعيدة مارا قريبا من الشمس ينحرف فعلا نحو الشمس بالزاوية (زاوية صغيرة جدا) التي حسبها «آينشتاين» تقريبا



التجربة في مصعد متسارع — التجربة في مجال ثقالي

(شكل ٢٩)

توضيح لمبدأ التكافؤ . انحراف الضوء في المجال الثقالي (اليسار) متكافيء تماماً مع انحرافه في إطار متسارع (اليمين)

ومن التطبيقات المعاصرة لنظرية النسبية العامة في مجال التجاذب بين الأجسام، ولكنه يقع موضوع مثير جداً وهو موضوع الثقوب السوداء (black holes). عندما تكون كتلة ما كبيرة جداً (أكبر من عشرة كتلات شمسية مثلاً)، فان الكتلة تنكمش تدريجياً وباستمرار بفعل التجاذب الذاتي الداخلي، الى أن يصبح حجمها صغيراً في النهاية. لو تصورنا شعاعاً ضوئياً منطلقاً من هذه الكتلة نتيجة الاشعاع الناتج من احتراق المكونات الذرية مثلاً، فان الشعاع ينحرف ويعود ثانية الى الكتلة نفسها ومن ثم فان هذه الكتلة لا يمكن رؤيتها بالطريقة الضوئية المباشرة وبالتالي تظهر سوداء اللون، أي أنها ثقب أسود يبتلع كل الأجسام والاشعاعات الساقطة عليه.

ومن الجدير بالذكر أن الثقوب السوداء كان قد تنبأ بها (لابلاس) منذ حوالي (٢٠٠) سنة (١٣)، عندما قال ان نجماً مضيئاً، بكثافة الأرض وقطر يبلغ (٢٥٠) مرة قطر الشمس، سوف لا يسمح في النتيجة لأشعته أن تصل الينا. وهكذا من الممكن أن تكون الأجسام المضيئة الضخمة في الكون غير مرئية. لهذا السبب وهنا ينتهي العرض، حيث كان يمكن أن يبدأ.

٦- واقع الفيزياء اليوم

هذا الجزء من عرضنا يتناول عدداً من المواضيع الحديثة في الفيزياء. وبسبب ضيق المجال هنا، فان هذا العرض لتقديم مختصر لهذه المواضيع الهامة، والتي نأمل أن نعالج بعضها بشيء من التفصيل في مناسبات أخرى.

سنتحدث أولاً عن الجزيئات، وهي الكائنات المكونة من ذرتين أو أكثر، وعن الروابط المختلفة الموجودة والفاعلة في هذه الجزيئات، والتي تفسر وجود واستقرار هذه الكائنات. بعد ذلك ننتقل الى الجوامد، المؤلفة من أعداد هائلة من الذرات. ونظراً لأهمية الترابط في هذه الأجسام، نتحدث عن الروابط الجزيئية هنا أيضاً، إضافة الى رابطة جديدة تلعب دوراً هاماً في ترابط الذرات، ثم ننتقل الى نظرية (الحزم الطاقية) في الجوامد، وهو الموضوع الذي يعالج الجامد على أنه (جزيء) واحد وضخم، ويدرس حركة الالكترونات ضمن هذا الجامد. وتستطيع هذه النظرية تقديم شرح مفصل ودقيق لجميع الخواص الناتجة للجامد، مثل الناقلية الكهربائية. ثم نتطرق أخيراً الى موضوع الجسيمات الأساسية، وهو الموضوع الذي يحاول الوصول الى حقيقة الجسيمات الدقيقة والأولية في الكون. ويمثل هذا الموضوع أكبر حدود وأطراف المعرفة الفيزيائية والعلمية في الوقت الحاضر، وستكون نتائجه ذات فوائد كبيرة ليس في مجال الفيزياء فحسب بل أيضاً في مجال الفيزياء الفلكية. هذا وتجدر الاشارة الى أن جميع هذه المواضيع، التي نعطيها فكرا مبسطا للغاية على المستوى الدقيق، تعتمد بشكل مباشر على ميكانيك الكم.

٦ - ١ فيزياء الجزيئات

لا توجد الذرات في الطبيعة في حالة انفرادية، وانما على شكل مجموعات من الذرات تدعى الجزيئات. والجزيء هو مجموعة من الذرات التي تترابط مع بعضها بعضاً لتكون جسماً واحداً له هوية مستقلة الى حد بعيد. قد تكون الذرات متشابهة أو مختلفة، ولكن الأمر المهم للمجموعة، ما يوفر لها الاستقرار المطلوب.

(١٣) Chandan R. C. Physics (Norton and co., 1988) P. R — 30.

وقبل أن نبدأ باستعراض الروابط الجزيئية المختلفة ، سنتعرض باختصار لجزيء الهيدروجين والرابطة الموجودة فيه . هذه الرابطة ، كما سنرى قريبا ، تشكل نموذجا لاحدى الروابط الرئيسية في الجزيئات . يتألف جزيء الهيدروجين من ذرتين من الهيدروجين ، ويشار له بالرمز اللاتيني المعروف Hولكن كيف يحصل الترابط بين الذرتين الهيدروجينيتين ؟ في الجزيء المستقر ، يكون متوسط المسافة بين البروتونين اللذين يشكلان مركزي الذرتين ٧,٤٢ × ١٠^-٩^سم ، وهي مسافة قصيرة جداً بالطبع . وعند هذه المسافة ، يتنافر البروتونان بقوة كبيرة ، وذلك بسبب الشحنة الموجبة الموجودة على كل منها . هذه القوة التنافرية تعمل على تباعد البروتونين عن بعضهما ومن ثم على تفكيك الجزيء . لكن الالكترونين الموجودين يعملان على تعديل هذا التباعد ، وفي النتيجة على ترابط الجزيء . ويتم ذلك بان ينتشر (يتوزع) كل من الالكترونين في المنطقة على الخط الواصل بين البروتونين (شكل ٣٠) . وبما أن الالكترون يحمل شحنة سالبة ، فان هذه الشحنة تعمل على تعديل الشحنة الموجبة الموجودة على كل من البروتونين ، ومن ثم على حجب (Screening) كل بروتون عن الآخر . ويمكن تمثيل كل من الالكترونين الكترون ثالث مثلاً ، الى المنطقة سيجعل اثنين من الالكترونات الثلاثة يملكان نفس اللف ، مما يعني خرق مبدأ الاستبعاد . هكذا فإن رابطة الهيدروجين هذه تتمتع بخاصية التشبع (saturation) ، أي أنها تقبل الكتروناً واحدا أو اثنين كحد أقصى ، حيث يحصل فيها تشبع تام .



(شكل ٣٠)
الرابطة الهيدروجينية (الجزيء الهيدروجيني) . النقاط المنقطة تمثل توزيع السحابة الالكترونية في حالة الذرتين المتباعدتين (أعلى) وفي حالة الجزيء الهيدروجيني (اسفل) .

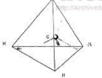
ويمكن القول بان ميكانيك الكم هي التي تعطينا الطريقة المناسبة لمعالجة جزيء الهيدروجين بشكل كامل . إذ نستطيع أن نكتب معادلة شرودينغر (جزء ٥ ـ ٤ ـ ٤)لهذا النظام الجزيئي المؤلف من بروتونين والكترونين ، وأن نقوم بحل هذه المعادلة بالطرق الرياضية المختلفة التي تم تطويرها في ميكانيك الكم . كما يمكن القول بان هذه الطريقة النظرية تؤدي إلى نتائج متفقة تماما مع النتائج التجريبية .

هذه الرابطة المؤلفة من الكترونين اثنين والتي تلعب دورا هاما في ترابط الجزيئات المختلفة ، تعرف ب (الرابطة التساهمية) أو التكافؤية (covalent bond) . ولا تقتصر هذه الرابطة على جزيء الهيدروجين ، بل توجد أيضا في

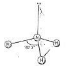
جزيئات مكونة من ذرات أخرى . فإذا اعتبرنا جزيء الأوكسجين O_2 ، مثلا ، فانه يمكننا ان نفهم الترابط الجزئي هنا على انه مؤلف من رابطتين تساهميتين . والسبب في ذلك هو ان كلا من الذرتين تحتاج إلى الكترونين لاكمال عدد الالكترونات في قشرتها الخارجية وهي بالتالي تساهم بالكترونين خارجيين يدخل كل منهما في رابطة تساهمية ازدواجية مع الكترون مشابه من الذرة الأخرى . وهكذا يمكن أن نرمز إلى الزوج من الروابط التساهمية في الجزيء الاوكسيجيني بالشكل التالي O=O ، حيث يمثل كل خط افقي رابطة تساهمية واحدة ، كما ذكرنا (رابطة الهيدروجين تظهر في هذا التمثيل على الشكل التالي H-H) . وبنفس الطريقة ، فإن جزيء النيتروجين له ثلاث روابط تساهمية من الالكترونات بل ويمكن تعميم هذه الرابطة إلى الحالة التي تكون فيها الذرتان مختلفتين . ففي جزيء الماء H_2O ، تترابط ذرة الاوكسيجين مع ذرتي الهيدروجين عبر رابطتين تساهميتين (شكل ٣١ أ) ، بينهما زاوية مقدارها (١٠٥) درجة تقريبا . وكل من هاتين الرابطتين تتكون من الكترون من ذرة الهيدروجين والكترون آخر من الالكترونات الخارجية للذرة الاوكسيجين . المهم هنا هو أن هذه الرابطة تتشابه كثيرا من وجهة المبدأ مع رابطة الهيدروجين الأساسية المذكورة سابقا . أما جزيء الأمونيا NH_3 ، فيتم الترابط فيه بواسطة ثلاثة روابط تساهمية بين ذرة النيتروجين وكل من ذرات الهيدروجين الثلاث (شكل ٣١ ب) . والشكل الهندسي لهذا الجزيء هو عبارة عن شكل هرمي ذي قاعدة مثلثية متساوية الاضلاع . وتنسجم هذه التركيبات الالكترونية الهندسية مع الملاحظة الكيميائية المعروفة بأن ذرات الهيدروجين والاوكسجين والنيتروجين لها رابطة واحدة أو رابطتان أو ثلاث روابط ، على التوالي ، في الجزيئات التي تدخل فيها هذه الذرات .



شكل (٣١) (أ)



شكل (٣١) (ج)



شكل (٣١) (ب)

(أ) هيكل جزيء الماء (ب) هيكل جزيء الأمونيا . (ج) هيكل جزيء الميثان .

ويشكل عنصر الكربون (الفحم) واحدا من أهم العناصر الكيميائية في حياتنا على الأرض . ويدخل هذا العنصر في تركيباته الجزيئية في أربع روابط تساهمية مع جيرانه من الذرات الكربونية أو الذرات الأخرى ، والسبب وراء هذه الروابط الأربع هو أن ذرة القشرة الخارجية لذرة الكربون تحتوي على أربعة الكترونات وينقصها أربعة الكترونات ولذا فإن لديها أربعة الكترونات خارجية مستعدة لأن تدخل في أربعة روابط تساهمية مع الذرات المجاورة . وعلى هذا الأساس ، يمكن تمثيل بعض الجزيئات الكربونية على الشكل التالي : جزيء ثاني أوكسيد الكربون CO_2 كالآتي O=C=O ، وجزيء الأسيتيلين C_2H_2 كالآتي : H-C≡C-H ، حيث أن كلا من هذين الجزيئين له شكل هندسي خطي . أما جزيء الميثان CH_4 ، فان الروابط الكربونية الاربع تؤدي الى الشكل ذي الوجوه الأربعة (تيتراهيدرون tetrahedron) شكل (٣١ج) ـ ، حيث توجد ذرات الهيدروجين على حافات التيتراهيدرون ، وترقد ذرة الكربون في مركز هذا الشكل . هذه الرابطة التيتراهيدرونية المركبة تضفي استقرارا خاصا على الجزيء ، وتلعب دورا هاما في بعض الجوامد أيضا ، كما سنجد قريبا .

وتجدر الاشارة هنا إلى أن عنصر الكربون له قابليه خاصة للدخول في روابط تساهمية متنوعة مما يؤدي إلى ملايين من المركبات الكيميائية المختلفة . بعض هذه المركبات يحتوي على عدد يسير من الذرات ، بينما يحتوي بعضها الآخر على عشرات الآلاف من الذرات .

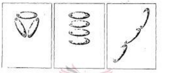
بالاضافة إلى الرابطة التساهمية ، توجد رابطة أخرى هامة وهي (الرابطة الأيونية) . فلو اعتبرنا الجزيء كلوريد الهيدروجين ، مثلا HCl ، فان الربط بين ذرة الهيدروجين وذرة الكلورين هنا يتم بأن ينتقل الالكترون الموجود على الهيدروجين كليا إلى ذرة الكلورين ، وبذلك يتشكل الثنائي الأيوني H^+ و Cl^- ، هذان الأيونان يتجاذبان الآن بواسطة قوة (كولومب) الكهربائية ، مما يعطي هذا الجزيء استقراره . والسبب وراء هذا انتقال هذا الالكترون من الهيدروجين إلى الكلورين ، هو أن الأخير يحتاج إلى الكترون إضافي لاشباع التكوين الالكتروني الكامل لمداره الالكتروني الخارجي . ويحصل على هذا الالكترون من جاره الى ذرة الهيدروجين .

وتشكل هاتان الرابطتان ، التساهمية والأيونية ، الرابطتين الأساسيتين القويتين في معظم الجزيئات وفي أكثر الجوامد المعروفة .

ويمكن الاشارة هنا إلى أنه في الواقع لاتوجد رابطة أيونية بحتة أو صرفة ، كما قد يظهر من عرضنا السابق . ففي المثال المذكور عن الجزيء HCl ، لا ينتقل الالكترون كليا من الهيدروجين إلى الكلورين بل أن الالكترون ينتقل جزئيا فقط ـ وبذلك فهو الكترون مشترك بين الذرتين ، وهذا الاشتراك الالكتروني ، كما نتذكر ، هو الخاصة الرئيسية في الرابطة التساهمية . وهكذا ، فمن الممكن النظر إلى الرابطة في هذا الجزيء على أنها رابطة تساهمية أيضا ، ولكن بشكل غير تناظري ، أي أن الالكترونين في الرابطة منجذبان أكثر نحو ذرة الكلورين . إنها رابطة مختلفة من الرابطة التساهمية الصرفة والرابطة الأيونية الصرفة .

هذا التمييز بين الرابطة التساهمية والأيونية يقودنا إلى الاشارة إلى إحدى الخواص المهمة في الجزيئات ، وهي الخاصية (القطبية Polar) . فالحالة القطبيه ، أو الاستقطابية ، تعبر عن أن الشحنة الكهربائية (في الجزيء) ليست

موزعة بالتساوي أو التناظر بين ذرات الجزيء . فجزيء كلوريد الهيدروجين HCl هو جزيء قطبي ، لأن هناك تجمعا في الشحنة الكهربائية السالبة حول الكلورين وفي الموجبة حول الهيدروجين (شكل ٣٢أ) ، كما أشرنا سابقا . بينما جزيء الهيدروجين H_2 هو غير قطبي لان الالكترونين متوزعان بالتساوي بين البروتونين . وهناك جزيء قطبي ذو أهمية بالغة في حياتنا ، وهو جزيء الماء H_2O . ففي هذا الجزيء ، تنجذب الالكترونات في الرابطتين التساهميتين أكثر نحو ذرة الاوكسجين (منها نحو ذرتي الهيدروجين) . مما يعني أن هذه الذرة تصبح مركزا للتجمع الكهربائي السالب (شكل ٣٢ب) .



(شكل ٣٢)

توضيح لمفهوم الرابطة القطبية ، حيث تنتظم الجزيئات بشكل يقرّب الشحنات المتعاكسة الى بعضها .

هذه الخاصية القطبية تلعب دورا هاما في تكثف المادة إلى الطور (الحالة) السائل ففي هذا الطور تنتظم الجزيئات بشكل تتجاور فيه الأقطاب الموجبة للجزيئات مع الأقطاب السالبة للجزيئات الأخرى (شكل ٣٢جـ) لتكوّن مجموعات من الجزيئات التي تكون السائل ، وبخاصة تطبيقة في إيجاد تفسير أيضا لقدرته الكبيرة على تذويب الجزيئات ذات الرابطة الأيونية كالأملاح مثلا ، فكلوريد الصوديوم (NaCl) يتأين إلى أيون Na^+ وأيون Cl^- بالنهايات الموجبة من جزيئات الماء .

هذه الرابطة القطبية الاضافية في السائل القطبي تعطي لهذا السائل استقرارا . فالسائل القطبي ، مثل كلوريد الهيدروجين أو الماء ، أكثر استقرارا من السائل غير القطبي ، مثل الهيدروجين السائل . والدليل على ذلك هو درجات الذوبان ودرجات الغليان المرتفعة للنوع الأول من السوائل .

هذا وقد أمكن دارسة كثير من الخواص الجزيئية بالطريقة الطيفية ، فالذرتان في جزيء ثنائي مثلا تهتزان بالنسبة لبعضهما بعض حول وضع التوازن كهزاز ، ويمكن تحديد تردد الهزاز بالطريقة الطيفية العادية . ومن هذا التردد ، يمكن تحديد قوة التفاعل بين الذرتين .

٦ ـ ٢ الجوامد

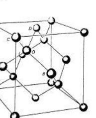
يعرّف الجامد بأنه مجموعة كبيرة جدا (حوالي 10^{23}) من الذرات المتماسكة مع بعضها ، حيث تستقر كل ذرة في مكان محدود ثابت تقريبا داخل الجامد . ومعظم الجوامد الموجودة على الأرض لها بنية بلّورية ، أي أن مواقع الذرات تشكل نظاما هندسيا منتظما بالنسبة لبعضها بعضا ـ حيث يدعى هذا الانتظام الكامل ، عبر الجامد بأكمله ، بالانتظام طويل المدى . ولكن توجد أيضا جوامد (أمورفية) ، حيث ينعدم الانتظام طويل المدى . لكن يتحقق فيها انتظام على المدى القصير ـ أي أن الجوار المباشر لكل ذرة متشابه بغض النظر عن موقع الذرة داخل الجامد . وبذلك فان البنية في هذا النوع من الجوامد تشبه كثيرا البنية الموجودة في السوائل ، حيث لايوجد انتظام طويل المدى بين مواقع الذرات داخل المادة . والمثال الأفضل والمألوف للجوامد الأمورفية هو الزجاج العادي (SiO_2) ، حيث أن مواقع الذرات (الاوكسجين والسيليكون) لا تحافظ على انتظام محدد على مستوى الجامد كله .

في عرضنا الحالي سنركز اهتمامنا على الجوامد البلورية ، وذلك لأهميتها البالغة في التطبيقات التكنولوجية . إذ أن الجوامد ، رغم ندرتها على مستوى الكون الشامل ، تشكل القسم الاكبر من خبرتنا الحياتية المباشرة كما تشكل الأساس في عصرنا التكنولوجي المتطور .

وإذا نظرنا إلى الروابط التي تؤدي إلى الترابط في الجوامد ، نجد أن بعضها متشابه تماما مع الروابط الموجودة في الجزيئات ، كما درسناها سابقا ، ففي بعض الجوامد ، يتم الترابط عبر الرابطة التساهمية ، وفي البعض الآخر عبر الرابطة الأيونية . هناك بالاضافة لذلك نوع ثالث من الجوامد ـ الفلزات ـ التي يتم فيها الترابط عبر رابطة جديدة تدعى الرابطة الفلزية .

والمثال البارز على الجوامد التساهمية هو السليكون ، الذي يشكل العنصر الرئيسي في التكنولوجيا الالكترونية الحديثة . فالشكل (٣٣) يظهر البنية البلورية لهذا الجامد ، حيث أن الوحدة أو الخلية الرئيسية للجامد هي على شكل مكعب ، حيث أن كل ذرة من السيليكون تترابط مع الذرات السيليكونية الأربع المجاورة عبر أربع روابط تساهمية . ونذكر هنا أن كل ذرة سيليكونية تحتوي على أربعة الكترونات خارجية ، يشترك كل منها مع الكترونات الذرات المجاورة بشكل ثنائي ليشكل الروابط المذكورة . إذن الرابطة التيتراهيدرونية (الرباعية) الموجودة في السيليكون هي في الواقع انعاكس للتركيب الالكتروني الموجود في السيليكون . وبسبب هذه الرابطة الرباعية المركبة فان السيليكون هو مادة مستقرة وقاسية وتحتاج إلى درجة حرارة مرتفعة لصهرها . وتوجد بلورات أخرى لها نفس البنية البلورية للسيليكون ، نذكر منها الماس والجيرمانيوم .

أما البلورات الأيونية ، فان أفضل مثال عنها هو كلوريد الصوديوم (NaCl) ـ وهو مادة ملح الطعام العادي . في هذه المادة ، يحصل إلى حد كبير انتقال للالكترون الخارجي في ذرة الصوديوم إلى المدار الخارجي في ذرة الكلورين ـ وبذا فان البلورة تتألف من تشكيل منتظم من الأيونات Na^+ و Cl^- . فكل أيون Na^+ محاط بستة أيونات Cl^- واقعة على



(شكل ٣٢)

البنية البلورية للسيليكون . كل كرة تمثل ذرة ، وكل ذرة محاطة بأربع ذرات مجاورة تشكل معا رابطة تيتراهيدرية (رباعية) .

اتجاهات متعامدة ، وينطبق القول نفسه على كل من الأيونات Cl^- أيضا . ويترابط الجامد ويتماسك بسبب التجاذب الكهربائي من هذه الأيونات ، حيث أن المسافات بين الأيونات قصيرة جدا (٢,٤ × ١٠⁻⁸ سم) .

أما الرابطة الفلزية (الثالثة) فهي التي لها الفضل في ترابط الفلزات . فمن المعروف أن ذرات الفلزات (المعادن) تحتوي على واحد أو قلة من الالكترونات الخارجية ، التي تنفصل بسهولة نسبية عن باقي الذرة في الظروف المناسبة . وعندما تتواجد هذه الذرات في الجامد (مثل فلز الصوديوم أو النحاس) ، فان الالكترونات الخارجية (للذرات) تنفصل تماما عن ذراتها ، وتصبح الكترونات «حرة» تستطيع التحرك والانتقال داخل الجامد . هكذا يتشكل «غاز» من الالكترونات في الجامد . لكن هذا الغاز الالكتروني يتألف من جسيمات مشحونة وهو بذلك عبارة عن (بلازما) ، ومن ثم يختلف كثيرا عن الغازات العادية المشكلة من جزيئات محايدة .

الالكترونات (المشحونة) تتنافر كهربائيا ، لكن العامل الهام الذي يحفظها من التنافر والتطاير ويؤدي إلى الترابط في حالة الفلز ككل هو وجود الأيونات الموجبة . فعندما تأينت ذرة النحاس وأعطت الكترونا حرا بقي الأيون Cu^+ . هكذا فان الجامد يحتوي على بنية بلورية من الايونات Cu^+ ، مثلا ، يجري داخل شبكتها الغاز الالكتروني المذكور ، والروابط بين الغاز الالكتروني والشبكة الأيونية قوية ، وذلك بسبب القوة الكهربائية التجاذبية .

هذا النموذج للفلزات تعود بدايته إلى أوائل القرن الحالي ، حيث بدأه (درود) و (لورنتز) ، ثم طوره سمرفلد في منتصف العشرينات ليتناسب مع التطورات الجديدة في ميكانيك الكم . الفائدة الكبيرة للنموذج هي مقدرته على شرح الناقلية الكهربائية والحرارية للفلزات . هذه الناقلية تنبع بشكل واضح من النموذج ، إذ أن هناك جسيمات

حرة كثيرة ـ الالكترونات ـ تستطيع القيام بالنقل الكهربائي (أو الحراري) في حالة تطبيق مجال كهربائي (أو حراري) داخل الجامد . ثم ان هذا النموذج يستطيع تفسير خواص أخرى للفلزات ـ مثل الخواص البصرية (الانعكاسية المرتفعة) وكثير من خواص المخلوطات (alloys) الفلزية الكثيرة .

وقد تطور النموذج كثيرا في السنين الاخيرة ، حيث جرى تطبيق الافكار الجديدة لميكانيك الكم على شكل واسع ـ بداية بأعمال الفيزيائي (ف بلوخ) الذي وضع حجر الأساس لميكانيك الكم للجوامد حوالي عام ١٩٣٠ .

ومن الأمثلة البارزة على التطبيقات في هذا المجال الملاحظة التالية : يلاحظ تجريبيا أن الناقلية الكهربائية في الفلزات ترتفع تدريجيا عند تناقص درجة الحرارة ، وتكاد تبلغ (الناقلية) حدا لانهائيا عند الصفر المطلق . إن النظرية الحركية الكلاسيكية للغازات عاجزة تماما عن تفسير هذه الظاهرة ، إذ تفترض هذه النظرية أن النواقل للتيار ـ الالكترونات ـ تصطدم بشكل أو آخر مع الأيونات ، الأمر الذي يؤدي إلى عرقلة حركة الالكترونات . هذا التصادم أو التبعثر يؤدي إلى تخفيض الناقلية (أو زيادة المقاومة) الكهربائية . وبسبب وجود العدد الكبير من الأيونات فان الناقلية الكهربائية يجب ألا ترتفع كثيرا حتى عنصر الصفر المطلق حسب النظرية الكلاسيكية ـ ، وهو استنتاج مخالف للتجربة . أما ميكانيك الكم ، فله نظرة مختلفة تماما للموضوع . الالكترونات الناقلة هي عبارة عن موجات (موجات دي بروغلي) . وعندما تتحرك هذه داخل الجامد فانها لاتصطدم مع شبكة الأيونات المنتظمة ، مثلها مثل موجة ضوئية لاتصطدم مع شبكة منتظمة من البلورات . هكذا فان الناقلية الالكترونية كبيرة جدا عند الصفر المطلق ، لأن الأيونات متمركزة (موجودة) تماما على الشبكة البلورية . أما عندما ترتفع درجة الحرارة ، فان الناقلية تنخفض تدريجيا لأن الأيونات تبدأ بالاهتزاز ، مما يؤدي إلى تصادم الالكترونات معها ، ومن ثم إلى انخفاض في الناقلية الكهربائية .

٦ ـ ٣ حزم الطاقة

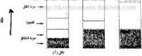
أن موضوع (حزم الطاقة Energy bands) هو واحد من المواضيع المثيرة حقا في مجال الجوامد ، حيث أدى إلى نظرة جديدة تماما عن الجوامد تختلف تماما عن النظرة التي كانت سائدة في العشرينات وما قبل ذلك . هذا الموضوع نبع واستمر بشكل منطقي تماما من أعمال (بلوخ) المشار اليها سابقا . ويعطينا هذا النموذج إطارا نظريا لفهم شامل وكامل للجوامد بأنواعها المختلفة من النواقل (المواصلات) إلى أشباه النواقل أي العوازل الكهربائية .

نستطيع الدخول في هذا الموضوع بالشكل النظري التالي . لقد وجدنا سابقا أن الطاقة الالكترون في الذرة مكممة عند مستويات خطية معينة ومحددة (جزء ٥ ـ ٤ ـ ٢) . ويستطيع الالكترون أن «يسكن» في أي من هذه المستويات ، لكن لايمكنه السكون في مجالات الطاقة الموجودة بين هذه المستويات . هذه النتائج تأتي من كتابة معادلة شرودينغر المناسبة لهذه الذرة ، ثم حل هذه المعادلة ضمن الشروط المقبولة فيزيائيا ورياضيا PTO . نحاول الآن أن نقوم بالعملية نفسها بالنسبة للالكترون الموجود داخل جامد ما . الأمر الآن اكثر تعقيدا من ذي قبل ، لان الالكترون

لايتفاعل مع أيون واحد ، فحسب ، وانما مع كل الأيونات الموجودة في الجامد . والسبب في ذلك هو أن الالكترون ليس مقيدا ضمن منطقة محددة ، بل هو حر ومنتشر داخل الجامد كله . الالكترون هو موجة منتشرة وكاملة .

عندما نكتب ونحل معادلة شرودينغر لهذه الحالة ، ماذا نجد ؟ إننا نجد المفاجأة التالية وهي أن مجالات الطاقة المسموحة (للالكترون) تتألف من حزم (bands) متتالية هي «الحزم المسموحة» . أما مناطق الطاقة الموجودة بين هذه الحزم ، فهي مناطق ممنوعة ومحرمة (Forbidden) ولا يستطيع الالكترون أن يسكن فيها . وتسمى فجوات (gaps) الطاقة . وبالتشابه مع حالة الذرة الواحدة المذكورة سابقا ، فاننا نرى أن المستوى الخطي الواحد للذرة قد تمدد وتوسع وأصبح عريضا ، ليكون حزمة كاملة تشغل حيزا معينا من الطاقة . كما اننا نستطيع فعلا أن نجري ترابطا بين كل مستوى لطاقة للذرة والحزمة التي نشأت من هذا المستوى عندما تتركب الذرات مع بعضها لتشكل الجامد من هذه الذرات .

وهكذا إلى أن يتم استيعاب جميع الالكترونات الحرة . الالكترونات الحرة تسكن الآن الحزم المختلفة ، بداية بالحزم الدنيا ، ثم الحزم الأعلى . ونستطيع الآن التمييز بين النواقل والعوازل بشكل واضح على أساس مفهوم الحزم . ننظر إلى الحزمة العليا المسكونة (حيث الحزم الأدنى منها مسكونة كليا) للجامد فاذا كانت الحزمة مسكونة جزئيا ـ نصفها الأسفل مثلا ـ شكل (٣٤) فإن هذا الجامد يسلك كناقل كهربائي ، والسبب في ذلك هو أن وجود أي مجال كهربائي (من مصدر خارجي) في الجامد يعطي بعض الطاقة للالكترونات ، التي تستطيع أن ترتفع في طاقتها داخل الحزمة وتنقل التيار الكهربائي . هذا هو الوضع في الموصلات مثل النحاس والفضة وغيرها من الفلزات .



(شكل ٣٤)
التمييز بين الناقل ، شبه الناقل ، والعازل ، على أساس مفهوم حزمة الطاقة .

أما إذا كانت الحزمة المسكونة العليا ممتلئة تماما (شكل ٣٤ ب) ، فان الجامد يسلك كعازل حتى في وجود مجال كهربائي . والسبب هو أن الالكترون ، حتى في المنطقة العليا من الحزمة ، لايستطيع اكتساب طاقة قليلة من المجال ونقل التيار . وذلك أن الالكترون لايستطيع أن يدخل إلى الفجوة المحرمة . أما الالكترونات في الطبقات الدنيا من

هذه الحزمة فانها لاتستطيع امتصاص طاقة كهربائية من المجال والارتفاع إلى مستوى أعلى في الحزمة ، لان المستوى مسكون مسبقا من قبل إلكترونات أخرى ـ ومبدأ الاستبعاد يمنع إدخال الكترونات جديدة إلى هذا المستوى المسكون . هذا هو الوضع ، من ناحية التشكيل الحزمي لمعظم العوازل مثل الماس .

أما أشباه النواقل (semiconductors) ، فان البنية الحزمية لها تشبه تلك الموجودة في العوازل ـ الحزمة المسكونة العليا ممتلئة تماما . لكن الفجوة الموجودة فوقها ضيقة إلى حد ما (حوالى (١) إ . ف) مما يسمح لعدد من الالكترونات ان تهيج حراريا (بسبب الحرارة الموجودة في الجامد) وتنتقل من هذه الحزمة عبر الفجوة إلى الحزمة الأخرى الموجودة فوق الفجوة (الشكل ٣٤ ج) . الحزمة العالية التي اكتسبت بعض الالكترونات تستطيع الآن نقل بعض التيار ، ومن ثم تسمى (حزمة النقل) . أما الحزمة التي تحت الفجوة ، والتي فقدت بعض الالكترونات ، فانها تستطيع ايضا نقل بعض التيار ، لانها لم تعد ممتلئة ، كما كانت سابقا حيث تدعى الآن حزمة التكافؤ أو التساهم . وهكذا يستطيع شبه الناقل القيام بنقل بعض التيار الكهربائي عند اللزوم . ومن الأمثلة المعروفة على أشباه النواقل نذكر السيليكون والجيرمانيوم حيث تعادل فجوة الطاقة لكل منها ١,٢ و ٠,٧٥ إ .ف ، على التوالي .

في الاستخدامات التكنولوجية ، يضاف إلى شبه الناقل في العادة بعض الشوائب ـ ذرات غريبة ـ لتعطيه بعض الخواص الكهربائية المناسبة ، فاذا اضيف إلى بلورة السيليكون بعض ذرات الزرنيخ مثلا ، والذي هو خماسي التكافؤ (يحتوي على خمسة الكترونات خارجية) ، فان أربعة من الكترونات الشائبة تدخل في روابط التساهم الأربع ، ويبقى الكترون خامس حرا لينتقل بسرعة إلى حزمة النقل . وهكذا فان إدخال نسبة قليلة من شوائب الزرنيخ (حوالي جزء من مائة مليوم) يؤدي إلى رفع ناقلية المادة أضعافا مضاعفة . وتدعى المادة المشكّلة بهذه الطريقة مادة من النوع السالب (أو نوع ـ س) . أيضا يمكن تصنيع مادة من النوع الموجب (أو نوع ـ م) بادخال شوائب ذات تكافؤ ثلاثي ، مثل الغاليوم ، إلى ذرات السيليكون . في هذه الحالة تشكل (ثقوب) في المادة ، حيث تسكن في حزمة التكافؤ وتستطيع أن تنقل التيار وكأنها جسيمات موجبة .

وتعتمد معظم التطبيقات الالكترونية على عمل وصلة (Junction) مؤلفة من مادة سيليكون نوع ـ س متجاورة مع مادة سيليكون نوع ـ م . في هذه الوصلة يتشكل مجال كهربائي داخلي ، يضفي على الوصلة خواص كهربائية غريبة وغير متوقعة ومفيده جدا ، في نفس الوقت . فبالتصميم المناسب يمكن أن تلعب الوصلة دور المقوم الكهربائي او الخلية الشمسية أو المكثف الكهربائي ، من ضمن عدد كبير من التجهيزات الكهربائية الممكنة . أن التركيب (أو البنية) المناسب لوصلتين معا يؤدي كذلك إلى (الترانزيستور) ، المضخم الكهربائي الذي يعتبر حجر الزاوية في عصر التكنولوجيا الالكترونية الحديثة . هذا وقد حصلت ثورة حقيقية في هذا المجال بتصنيع عدد كبير من الترانزيستورات والدارات الدقيقة على قطع (chips) من مساحات ضيقة جدا ـ حوالي سم^2 واحد . وبهذه الطريقة فقط أمكن اليوم تصنيع الحاسبات الالكترونية ذات السعة العالية بأحجام محدودة وبتكاليف متواضعة .

٦ ـ ٤ الجسيمات الأساسية

يشكل موضوع الجسيمات الأساسية (elementary particles) المجال الأكثر إثارة في عالم الفيزياء اليوم . هذه الجسيمات ، حسب تعريفها ، هي الجسيمات الدقيقة الصغيرة التي تتكون منها جميع الجسيمات الفيزيائية التي نشاهدها ، وهي جسيمات أساسية لايمكن تفكيكها إلى جسيمات أخرى اصغر منها . فلو تمكنا حقا من معرفة هذه الجسيمات ، لعرفنا الجسيمات النهائية والاخيرة للمادة في هذا الكون ، وهو نصر فيزيائي هائل بكل تأكيد . في نفس الوقت ، يتنامى الشعور الآن بأن هناك علاقة دقيقة بين هذه الجسيمات وعلم الكونيات (Cosmology) وهو العلم الذي يبحث في نشوء الكون منذ الدويّ الاعظم (بيغ بانغ ـ Big Bang) وحتى يومنا هذا . وينتج عن ذلك أن التقدم في مجال الجسيمات الأساسية سيكون له أهمية خاصة ليس في الفيزياء فحسب وانما في مجال الفيزياء الفلكية أيضا .

ونتذكر من جزء سابق من هذه الدراسة أن الجسيمات الاساسية للمادة ، كما كانت معروفة في أوائل الثلاثينات ، تتألف من ثلاثة جسيمات فقط ـ الالكترون والبروتون والنيوترون . فالذرة تتألف من الكترونات تدور حول نواة مشكلة من عدد معين من البروتونات والنيوترونات . الالكترونات جميعا متماثلة ، فلا يمكن التمييز بين الالكترونات من ذرة إلى أخرى ، كما لايمكن التمييز بين البروتونات أو النيوترونات من ذرة إلى أخرى . وكان هناك أيضا جسيم أساسي آخر (رابع) وهو الفوتون ـ الوحدة الاساسية للاشعاع الكهرطيسي .

لكن تبين بعد عدة سنوات فقط أن هناك ضرورة لوجود جسيم أساسي آخر يدعى بالنيوترينو . حيث وجد انه في حالة شعاع (بيتا) النووي من مادة ما لاتكون الالكترونات الصادرة بالتوالي ذات طاقة واحدة . وقد سببت هذه الملاحظة ارتباكا وجدلا كبيرا في تفسير الظاهرة ـ خاصة بين (بوهر) من جهة و (باولي) من جهة أخرى ـ حيث إن قانون حفظ الطاقة يستوجب أن تكون الطاقة هي نفسها لجميع الالكترونات الصادرة . وأخيرا تغلب افتراض (باولي) بان هناك جسيما آخر (النيوترينو) يصدر في نفس العملية وفي نفس الوقت ويحمل جزءا من الطاقة . وهكذا فان مجموع طاقتي الالكترون والنيوترينو هو مقدار ثابت ، مما ينسجم مع قانون حفظ الطاقة .

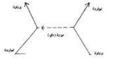
النيوترونيو جسيم غريب حقا ـ فهو محايد (في الشحنة) وليست له أية كتلة ، أي أن كتلته تساوي الصفر ، وهو بذلك يسير دائما بسرعة الضوء . هكذا فان النيوترينو يبدو مشابها للفوتون . لكن النيوترينو يختلف كثيرا عن الفوتون من جهة التفاعل مع المادة . فالفوتون يتفاعل بشدة مع أي جسيم مشحون كالالكترون أو البروتون . في حين أن النيوترينو يتفاعل فقط مع المادة النووية (بروتونات ونيوترونات) وبقوة ضعيفة جدا جدا . وقد قدر بان النيوترينو يجب أن يقطع مسافة اكثر من $١٠^{١٨}$ مترا في مادة من الحديد الصلب حتى يتم التأكد بانه قد تم امتصاصه . هذا التفاعل الضعيف بين النيوترونيو والمادة كان السبب وراء الصعوبة في المشاهدة التجريبية لهذا الجسيم ، إذ أن عملية المشاهدة نفسها تتطلب تفاعلا بين الجسيم والمادة الموجودة في الجهاز . وقد أمكن اخيرا استكشافه مباشرة في عام ١٩٥٦ . ومن أبسط التفاعلات التي تؤدي إلى توليد النيوترينو عملية تفلك النيوترون نفسه . هذا التفاعل يجب أن يكتب الآن على الشكل التالي : نيوترون ← بروتون + الكترون + نيوترينو .

في الفترة ذاتها ، كانت تحدث تطورات هامة على جبهة أخرى من موضوع الجسيمات الاساسية . ففي أوائل الثلاثينات ، ومن خلال معالجة جسيم الالكترون بطريقة كمومية ونسبية في آن واحد ، توصل الفيزيائي النظري (ديراك) الى قناعة بضرورة وجود جسيم جديد يشابه الالكترون في الكتلة والشحنة ، ولكنه يحمل شحنة معاكسة لشحنة الالكترون ـ أي شحنة موجبة . وسمى (ديراك) هذا الجسيم المفترض ب (الالكترون المضاد) ، وهي تسمية تعكس العلاقة الوثيقة بين هذا الجسيم والالكترون . فهذا الجسيم ، حسب هذا التحليل ، هو عبارة عن (صورة) انعكاسية للالكترون ، حيث إن عملية الانعكاس هذه تعكس الشحنة الكهربائية للجسيم . وبعد وقت قصير أي في عام ١٩٣٢ ، تمكن الفيزيائي (أندرسون) في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في كاليفورنيا من اكتشاف الجسيم المفترض وسماه (البوزيترون) .

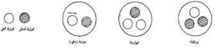
هكذا ارتفع عدد الجسيمات الأساسية بظهور جسيم جديد . ولكن الاكتشاف الجديد يحمل في طياته مغزى أكبر من ذلك ، إذ أنه كان البداية لظهور مفهوم (المادة المضادة) وأوحى بوجود جسيمات مضادة للجسيمات الأخرى ايضا ، مثل جسيمات (البروتون المضاد) و (النيوترون المضاد) وغيرهما . وكما سنرى لاحقا ، فان هذا الايحاء ستثبت صحته تماما . وهكذا فقد كان متوقعا عندئذ أن يأخذ عدد الجسيمات الاساسية بالارتفاع في المستقبل المنظور .

عندما يتولد بوزيترون فانه لايبقى طويلا في الظروف العادية ، إذ انه سرعان مايتحد مع أحد الالكترونات المتوفرة بغزارة في المادة ، وبذلك ينعدم الجسيمان معا . وينطلق من هذا التفاعل فوتونات من فئة أشعة (غاما) ، وهي الفوتونات عالية الطاقة . في هذا التفاعل ، تتحول المادة (كتلة الجسيمين) كليا إلى طاقة ، وذلك انسجاما مع نظرية أينشتاين النسبية . كما يمكن أيضا توليد زوج من الالكترون والبوزيترون وذلك بواسطة تصادم فوتونين من فئة غاما ، وهو التفاعل المعاكس ، حيث تتحول الآن الطاقة إلى مادة .

الخطوة التالية أتت من مكان مختلف تماما ، حيث قام الفيزيائي الياباني «يوكاوا» في عام ١٩٣٥ بافتراض جسيم جديد من نوع مختلف كليا . كان يوكاوا يحاول الوصول إلى فهم أعمق للتفاعل بين النيوكليونات (البروتونات والنيوترونات) ، وهو مايعرف بالتفاعل القوى . كان معروفا عندئذ أن هذا التفاعل قوي جدا (بالمقارنة مع التفاعلات الأخرى) وانه أيضا قصير المدى . ولما كان الفيزيائيون في تلك الفترة يفضلون تجسيد التفاعل بين الجسيمات على انه يتم بواسطة تبادل جسيمات وسيطة ، لكي يتجنبوا مفهوم التفاعل عن بعد ، فقد افترض يوكاوا أن نيوكليونين ـ بروتون ونيوترون ، مثلا ـ يتجاذبان بواسطة تبادل جسيم جديد ينبعث من أحد الجسيمين ويمتص الآخر (شكل ٣٥) ، وهي عملية مشابهة للتجاذب بين شحنتين كهربائيتين ، حيث يتم التفاعل بتبادل عدد من الفوتونات بينهما . وتمكن يوكاوا من تقدير كتلة الجسيم الجديد على أنها تقع في المجال ٢٠٠ ـ ٣٠٠ ضعف من كتلة الالكترون وقد سمى هذا الجسيم المفترض «الميزون» ، وتشير التسمية إلى أن كتلته تقع في الوسط بين كتلة الالكترون (الخفيف) وكتلة البروتون (الثقيل) .



(شكل ٣٥)
نموذج (يوكاوا) للتفاعل بين البروتون والنيوترون عبر تبادل جسيم (الميزون) الوسيط .



(شكل ٣٦)
النموذج الكواركي للبروتون والنيوترون والميزون .

وبعد عام واحد فقط ، اكتشف آندرسون نفسه وزملاؤه جسيما جديدا له كتلة في نفس المجال الذي حدده يوكاوا . وسمى هذا الجسيم ميزون ميو أو «الميوون» ، كما يشار اليه هذه الايام . وكتلة الميوون هي (٢٠٧) ضعفا من كتلة الالكترون . ثم تبين ان هناك ميوون موجب وميون سالب ، حيث ان مقدار الشحنة هي نفس الشحنة الموجودة على الالكترون .

لكن الفرحة لاكتشاف الجسيم الجديد لم تستمر طويلا ، إذ سرعان ماتبين أن الميوون يتفاعل مع النيوكليونات بقوة ضعيفة جدا ، وليس بالقوة الشديدة التي كانت متوقعة . بل على العكس من ذلك ، فقد بدا ان الميوون يشبه الالكترون في كل شيء تقريبا . ماعدا الكتلة إنه «الالكترون الثقيل» بل ان الميون ليس مستقرا ، اذا يتفكك إلى الكترون ونيوترينو ونيوترينو مضاد . هذه الازدواجية حيرت الفيزيائيين لفترة طويلة . لقد حصلوا على جسيم جديد ، لكنه غير مرغوب .

البحث عن الجسيم المرغوب تباطأ خلال الحرب العالمية الثانية (١٩٣٩ ـ ١٩٤٥) لكنه عاد بعد انتهائها وبشكل مكثف . وفي عام ١٩٤٧ تم بالفعل اكتشاف الميزون المرغوب ، حيث سمي ب «ميزون باي» أو «البايون» ، من قبل الفيزيائي «باول» في انجلترا وعدد من الفيزيائيين الآخرين . ومنح يوكاوا جائزة نوبل في نفس العام ، تقديرا لاهمية المساهمة التي قدمها للفكر الفيزيائي . ووجد أن الميزون باي يأتي في ثلاث شحنات مختلفة ، موجبة وسالبة ومحايدة مقدار كل منها نفس شحنة الالكترون . وكتلة هذا الميزون هي (٢٧٣) كتلة الكترونية للموجب والسالب ، و(٢٦٤) كتلة الكترونية للمحايد .

ووجد ايضا أن البايون ليس جسيما مستقرا . فالبايونات المشحونات يتفككان ، كل بطريقته المناسبة ، إلى ميوون ونيوترينو ، ضمن عمر متوسط يساوي (٢,٦ × ١٠$^{-٨}$) ثا . ويتفكك البايون الحيادي إلى زوج من فوتونات غاما ، ضمن عمر متوسط يساوي (١٠$^{-١٦}$) ثا تقريبا .

إضافة إلى كل ذلك ، تبين من تجارب عديدة أجريت في أوائل الستينات أن النيوترينو الناتج عن تفكك البايون يختلف عن ذلك الناتج عن تفكك النيوترون ، والذي كان معروفا سابقا . فهذا الأخير يعرف الآن بالنيوترينو الالكتروني في حين يعرف الأول وهو الجديد بالنيوترينو الميوني ، نسبة إلى الجسيمات التي تنتج مرافقة لعملية انتاج النيوترينة .

وهكذا وجد الفيزيائيون العاملون في هذا المجال أنفسهم أمام عدد متزايد من الجسيمات الاساسية ، التي تلعب أدوارا مختلفة في التفاعلات المتنوعة . فخلال عقدين من الزمن بلغ عدد الجسيمات العشرات ، بل المئات حيث يعيش معظمها لفترات زمنية قصيرة جدا ـ من رتبة ال ١٠$^{-٢٠}$ ثا ، أو أقصر ، ثم يتفكك الى جسيمات أخرى مألوفة ، هذا الازدياد أدى إلى إثراء وإثارة في هذا المجال ، لكنه خلق في نفس الوقت ارتباكا وحيرة بين الفيزيائيين . فمنذ أعمال آينشتاين في بداية القرن ، كان الفيزيائيون يبحثون عن البساطة والتوحيد في الفيزياء الاساسية ، في حين أن هذا السيل الغزير من الجسيمات الجديدة كان يقودهم في الاتجاه المعاكس نحو التعددية والتشعب .

لكن تطورات هامة جدا حصلت فعلا في السنوات الاخيرة تبشر بالخير وتوحي بأننا ربما أصبحنا على مقربة من حل جذري ونهائي لموضوع هذه الجسيمات . تقسم الآن الجسيمات الاساسية إلى أربعة اصناف : الفوتونات ، والليبتونات والفيزونات حيث يضم كل نوع واحد أو أكثر من الجسيمات .

فصنف الفوتونات يضم الفوتون فقط ، وهو الجسيم الأساسي المعروف الذي يشكل الوحدة الأساسية في الضوء والتفاعلات الكهرطيسية .

أما صنف الليبتونات فيضم الالكترون والميون والنيوترينو (بأنواعه المختلفة) ومضادات هذه الجسيمات . هذه الجسيمات تتفاعل مع بعضها بعض ومع غيرها أيضا عبر تفاعلين : التفاعل الكهرطيسي والتفاعل الضعيف . التفاعل الكهرطيسي يكون موجودا عندما يكون الجسيمان المتفاعلان مشحونين كهربائيا ، مثلما هو الحال في التجاذب بين البروتون والالكترون (أو بين الالكترون والميون) . وفي حال انعدام الشحنة يبقى فقط التفاعل الضعيف ، كما يحدث عندما يتفاعل نيوترون مع بوزيترون لتشكيل البروتون . وبما أن التفاعل الكهرطيسي هو الأقوى ، فهو الذي يطغى على التفاعل الآخر عند وجوده .

وقد تساءل الفيزيائيون وبحثوا كثيرا عن الجسيم الذي يحمل التفاعل الضعيف ، كما يحمل الفوتون التفاعل الكهرطيسي . وقد تم أخيرا (عام ١٩٨٤) اكتشاف هذا الجسيم الوسيط . بل وجد في الحقيقة ثلاثة جسيمات تلعب أدوار الوسطاء في هذا التفاعل ، وهي الجسيمات (دبليو - W^{-}) و (زي صفر Z°) . هذه الجسيمات لها كتلات كبيرة جدا (حوالي ٨٥ إلف مليون إ . ف) . وهذه الكتلة الكبيرة ناتجة عن كون التفاعل ذا مدى قصير للغاية . ومن الناحية العملية ، فان الكتلة الكبيرة تتطلب مقدارا كبيرا من الطاقة لتوليدها ، مما يفسر الصعوبة الكبيرة في الحصول على هذه الجسيمات الوسيطة ، هذا وقد تم اكتشافها ، من قبل الفيزيائيين كارلوروبيا وسيمون فان ديرمير في مختبرات (CERN) الشهيرة في أوربا . وقد نال هذان العالمان جائزة نوبل في عام ١٩٨٤ ، تقديرا لهذه الاكتشاف الهام في مجال الفيزياء التجريبية للطاقات العالية .

وقد اعتبر هذا الاكتشاف دعما وتعزيزا قويا للنظرية الكهروضعيفة ، وهي النظرية الحديثة التي توحد بين التفاعلين . الكهرطيسي والضعيف وقد قدم هذه النظرية في عام ١٩٦٨ ، وبطرق مستقلة ، ثلاثة من أشهر الفيزيائيين النظريين في العالم اليوم ، وهم الباكستاني عبدالسلام والامريكيان واينبرغ وغلاشاو . ولا يتسع المجال هنا للخوض في تفاصيل هذه النظرية ، ولكنها تقول بانه في مجال الطاقات العالية جدا (كما كان الوضع بعد حادث الدوي الاعظم الكوني) يكون التفاعلان الكهرطيسي والضعيف متشابهين تماما ، ولايمكن التمييز بينهما . لكن في مجال الطاقات المنخفضة نسبيا ، ينكسر هذا التناظر التام بين التفاعلين ، ويظهران كتفاعلين مختلفين تماما . وقد نال هؤلاء الفيزيائيون جائزة نوبل لعام ١٩٧٩ ، تقديرا لأهمية هذا العمل التوحيدي في مجال الفيزياء النظرية الأساسية .

والمجموعة الثالثة من الجسيمات الأساسية ، أي مجموعة الميزونات ، تتألف من عدد من الميزونات ، وهي الميزون باي والميزون كي والميزون ايتا . والتي تسمى ب (البايون) وال (كيون) وال (ايتون) على التوالي . وتختم هذه

الجسيمات من الناحية الأساسية في نقل التفاعل القوي بين الجسيمات النووية . فقد رأينا سابقا أن البايون يحمل التفاعل القوي(القوى النووية) بين البروتون والنيوترون ، مما يؤدي إلى ترابط واستقرار النواة .

والمجموعة الرابعة الأساسية ، مجموعة الباريونات ، تضم البروتون والنيوترون وماشابهها من الجسيمات الثقيلة التي تشارك في التفاعل القوي . والتطور الهام الذي حصل في هذا المجال هو نظرية الكوارك التي قدمها كل من الفيزيائيين غيلمان وزوايغ ، مستقلين عن بعضهما البعض ، في عام ١٩٦٣ . هذه النظرية ، التي اعتمدت في الاصل على دراسات بعض التناظرات الرياضية بين الباريونات ، تقول بان البروتون والنيوترون وغيرهما من الباريونات ليست جسيمات أساسية وإنما هي في الحقيقة جسيمات مركبة من جسيمات أخرى اصغر منها في الحجم .

هذه الجسيمات المتناهية الصغر هي الكواركات (مجموع كوارك) . ويعتقد بان هناك ستة أنواع من الكواركات ، أهمها الكواركان «أعلى» و«أسفل» . الكوارك أعلى له شحنة تعادل $\frac{٢}{٣}$ مقدار شحنة الالكترون والاسفل له شحنة تعادل $\frac{١}{٣}$ مقدار شحنة الالكترون فالبروتون يتألف من الكواركات الثلاث التالية : (اعلى) و(اعلى) و (اسفل) ، وبذلك فان شحنة البروتون تساوي مقدار شحنة الالكترون (وهي موجبة) . أما النيوترون فيتألف من الكواركات الثلاث التالية : (أعلى) و(أسفل) ، و(أسفل) ، وبذلك تكون شحنة النيوترون الكلية صفرا ، كما هو معروف . كما أن الميزونات نفسها ، مثل البيونات ، يتألف كل منها من زوج من الكواركات أعلى وأسفل ومضاداتها . وهناك أمور غريبة حول الكواركات فشحناتها الكهربائية تساوي أعدادا كسرية (غير صحيحة) من مقدار شحنة الالكترون ، وهي المرة الأولى التي نقابل فيها هذا الوضع . والأمر الآخر هو أنه لم يتمكن أحد من مشاهدة الكواركات الآن ، بل يبدو أن هذه الكواركات توجد فقط مخبأة داخل الباريونات والميزونات (وهي مجموعة كبرى تدعى بالهادرونات) ولايمكن فصلها عن بعضها البعض إذ يبدو أن قوة التجاذب بين هذه الكواركات لاتتناقص مع تزايد المسافة ، كما هو الوضع في التفاعلات الأخرى وبذلك لايمكن كسر الرابطة بين هذه الجسيمات . ومع ذلك ، فان نظرية الكوارك ، إذا ثبت صحتها كما هو متوقع ، ستختصر عدد الجسيمات الأساسية إلى حد كبير . إذ يمكن عندئذ تركيب مئات الهادرونات من عدد محدود جدا ـ ستة على وجه التحديد ـ من الكواركات ، مما يشكل قفزة هائلة في هذا المجال .

وتجري الآن محاولات عديدة أخرى لتبسيط وتوحيد موضوع الجسيمات الاساسية فهناك الاتجاه إلى تطوير «نظرية موحدة كبرى» ، وهي نظرية للتوحيد بين القوتين ، الكهروضعيفة والقوية . كما أن هناك اتجاها لتطوير نظرية «الأوتار الفائقة» Superstrings التي تنطوي على مفهوم أن الجسيمات هي عبارة عن حالات مختلفة لوتر ما ، حيث تمثل الحالات المختلفة أنماطا مختلفة من الحركة في فضاء ما . ولاتزال هذه المحاولات في بدايتها ، لكنها تلقي اضواء على جوانب مختلفة من هذا الموضوع المثير .

وهناك أخيرا التفاعل الثقالي بين الجسيمات ، وهو الموضوع الذي وضع أسسه نيوتن في القرن السابع عشر ، هذا التفاعل هو أضعف من التفاعلات الأخرى بكثير (فهو أضعف من التفاعل الكهرطيسي مثلا بحوالي $١٠^{٣٦}$

مرة) ، لكنه يلعب دورا رئيسيا في ترابط الأجسام العادية والكبيرة مثل ترابطنا مع الأرض وترابط الكواكب مع الشمس ، على سبيل المثال ـ لكنه لايلعب أي دور مثلا في ترابط الذرات أو ترابط النوى ، وذلك بسبب ضعف هذا التفاعل «الثقالي» مقارنة مع التفاعلات الأخرى . لكن تجري الآن محاولات لمعالجة هذا التفاعل بطريقة كمومية مشابهة لمعالجات التفاعلات الاخرى . وحسب هذه النظرية فان التفاعل الثقالي (بين كتلتين) يتم بتبادل جسيمات تدعى غرافيتونات (جمع غرافيتون) بينها ، حيث تلعب دور الجسيم الوسيط الذي يحمل التفاعل ـ كما يحمل الفوتون التفاعل الكهرطيسي . لكن لم تتم مشاهدة لغرافيتون حتى الآن ، مما يضعف هذه النظرية إلى حد ما . إلا أن صعوبة هذه المشاهدة أمر متوقع تماما وذلك لضعف التفاعل الثقالي .

ومهما يكن الأمر ، فان التقدم السريع الذي يحصل الآن في هذا المجال يوحي ان المستقبل القريب سيحمل لنا تطورات هامة تكون ذات تأثير كبير في عالم الفيزياء والفيزياء الفلكية .

لمحة عن المنهجية الفيزيائية

بعد هذه الجولة الطويلة في عالم الفيزياء ، من قديمه إلى حديثه ، قد يكون مفيدا أن نأخذ استراحة قصيرة للتأمل في طبيعة هذا العلم وفي فلسفته وفي الطرق المستخدمة لنموه وتطويره . وقد نبدأ هذا الموضوع بالسؤال الطبيعي ـ ماهي الفيزياء ؟ ليس هناك في الحقيقة جواب واحد متفق عليه لهذا السؤال ، لكن جوابا ممكنا ومقبولا هو التالي : الفيزياء هو العلم الطبيعي المعني بدراسة القوانين العامة للمادة والطاقة بأشكالها المختلفة ، وبدراسة جميع التفاعلات الموجودة في الطبيعة . وبهذا فإن الفيزياء تعالج الحركة والزمن وتركيب وبنية الأجسام ، وتعالج الصوت والضوء وتعالج الذرات والنجوم والكواكب ، وتعالج أيضا فناء المادة وتوليدها وغير ذلك من الظواهر والأشياء الفيزيائية . وكلمة (فيزياء) تأتي من الكلمة اليونانية القديمة (فيزيس) ، التي تعني جوهر الحقيقة أو الصيغة النهائية للحقيقة . لذلك فإن الفيزياء تسمى أحيانا ب (الفلسفة الطبيعية) أو فلسفة الطبيعة .

ويهدف الفيزياء ، والعلوم الطبيعية الأخرى ، الى أن تعطينا فهما شاملا وكاملا للكون الذي نعيش فيه . و «الفهم» هنا يعني تحويل الأحداث والظواهر المختلفة التي نرصدها إلى أفكار ومبادىء عامة لها انتظامات معينة ومميزة .

وتبدأ العملية في العادة ب (البيانات) الناتجة عن عمليات قياس ورصد على ظاهرة ما أو حادث ما ، من هذه البيانات ، يحاول الفيزيائي أن يجد نمطا واضحا يربط هذه البيانات ببعضها بعضا . وعندما يعبر العالم عن هذا النمط بمعادلة رياضية أو (أكثر) فانه يحصل على (قانون) ـ أو (مبدأ) ، كما يسمى احيانا . لكن هذا القانون يبقى تجريبيا بحتا ، بسبب ارتباطه الوثيق بالبيانات التجريبية ، هذا القانون لايمكن اعتباره بعد على انه شرح كامل للظاهرة التي نرصدها ، أو لظواهر أخرى مرتبطة معها بشكل أو آخر . لكن يبذل الفيزيائيون جهودا للحصول على هذا الشرح الشامل ، وعندما ينجحون في ذلك فانهم يحصلون على (نظرية) . هذه النظرية تستطيع أن تشرح

القانون وتفسر البيانات للظاهرة المرصودة والظواهر العديدة الأخرى المرتبطة بها . فالتطور الطبيعي إذن يتم بالشكل الآتي : بيانات ـ قانون ـ نظرية .

وخير مثال على هذه العملية التطورية الفيزيائية هو دراسة حركة الكواكب في النظام الشمسي . لقد بدأت العملية جديا بأعمال الفلكي (براهي) في القرن السادس عشر ، حيث أجرى وجمع عددا هائلا من البيانات الدقيقة عن حركة الكواكب ، أي عن مواقع هذه الكواكب وعن تغير هذه المواقع من يوم لآخر على مدى سنوات طويلة . هذه البيانات أتت من ملاحظة الطبيعة نفسها وكانت دقيقة ومفصلة وموثوقة . لكن براهي نفسه لم يستطع ان يستخلص أن نمط (علاقة) تربط بين هذه البيانات ، رغم جهوده ومحاولاته في هذا الاتجاه . وقد تم اكتشاف القانون المنشود من قبل مساعده كيبلر الذي درس هذه البيانات بالتفصيل ، ونجح في الربط بينها ، وخصوصا بالنسبة لحركة كوكب المريخ . هذه هي قوانين كيبلر الثلاثة التي تكلمنا عنها سابقا (جزء ١ ـ ١) ـ حيث يحدد القانون الأول شكل المدار الكوكبي حول الشمس (قطع ناقص) ، ويحدد القانون الثاني اعتماد سرعة الكواكب على مكانه في المدار ، ويربط القانون الثالث بين الزمن الدوري ونصف قطر المدار .

ورغم أهمية هذه القوانين ، فإنها ظلت تجريبية بحتة ، بدون استناد إلى نظرية شاملة تستطيع تفسيرها . وقد أتت هذه النظرية أخيراً على يدي (نيوتن) ـ الذي قدم قوانين جديدة عن الحركة القوة والكتلة (قوانين نيوتن الثلاثة ـ جزء ٢ ـ١) وقانوناً رابعاً جديداً تماماً بخصوص التجاذب الثقالي بين الكتلات . (ويلاحظ هنا أن قوانين نيوتن الحركية نفسها كانت مستخلصة من بيانات جديدة على حركة الأجسام على الأرض) .

وباستخدام هذه القوانين جميعها بطرق رياضية واضحة ، تمكن نيوتن من « اشتقاق » قوانين كيبلر جميعها . وهكذا نستطيع أن نعتبر أن أعمال نيوتن تشكل نظرية كاملة . ومن خواص النظرية ، كما رأينا ، مقدرتها على معالجة ظواهر أخرى أو التنبؤ بظواهر جديدة . وهذا ينطبق على نظرية نيوتن ، التي لم تقتصر على شرح حركة الكواكب ، بل استطاعت أيضاً أن تفسر السقوط الحر للاجسام عند سطح الأرض ، ودوران القمر حول الأرض ، وهي النظرية نفسها التي نستخدمها الآن في دراسة حركة الاقمار الصناعية المتعددة حول الأرض .

ومن الصفات الرئيسية لعلم الفيزياء تطوره وتقدمه المستمر . فالأجهزة الحديثة والمتطورة باستمرار تمكننا من إجراء قياسات في مجالات جديدة وبدقة أكثر مما مضى . وقد أدى ذلك إلى تطور مستمر في النظريات الفيزيائية . فقياسات مايكلسون الدقيقة لسرعة الضوء ، على سبيل المثال ، أدت في النهاية إلى نظرية آينشتاين النسبية في عام ١٩٠٥ ، مما أدى الى تغير شامل في نظرية نيوتن الحركية . وقد أمكن التأكد من صحة كثير من نتائج النظرية النسبية من خلال تجارب جديدة أجريت على جسيمات في مسرّعات عالية الطاقة لم تكن متوفرة منذ وقت طويل . هكذا فان « نظرية » نيوتن ليست مطلقة الصلاحية ، وانما هي « نظرية » أو « برنامج » عملي ومفيد صالح ضمن حدود معينة من السرعة وعوامل أخرى . وحتى نظرية آينشتاين نفسها قد لا تمثل الحقيقة النهائية عن الموضوع ، وانما هي أيضاً

نموذج صالح ومؤقت ومفيد ، تخلفها نظرية جديدة أكثر دقة منها ، وهكذا ، وفي هذه الحالات ، يشير الفيزيائيون إلى النظرية المحددة على أنها نموذج - اي برنامج مبسط لدراسة ظاهرة ما . فلو شئنا دراسة موضوع ما ، وأردنا تجنب التعقيدات النسبية الكثيرة - وغير الضرورية في كثير من الأحيان - فاننا نستطيع استخدام (النموذج النيوتني) ، على أنه كاف لدراستنا ضمن الظروف المحددة .

وقد لعبت الرياضيات دوراً هاماً في تطور العلم الفيزيائي . فالفيزياء علم كمي ، والمفاهيم الفيزيائية - كالكتلة والطول والتابع الموجي - يعبّر عنها برموز رياضية جبرية تدخل معادلات رياضية مختلفة فالتعبير عن القياسات والبيانات والعلاقات بمعادلات رياضية له فائدة كبيرة في تلخيص كميات هائلة من البيانات والأفكار بمعادلات قليلة جداً وإبراز الافكار الرئيسية في الموضوع . أضف الى ذلك ، أن المعالجة الرياضية تؤدي في كثير من الأحيان إلى نتائج جديدة غير متوقعة . ففي أعمال ماكسويل الكهرطيسية (جزء ٤ - ٣ - ٤) ، تلخيص واحتواء لجميع أعمال من سبقوه عن الموضوع - كولومب وامبير وفارادي - والتي تشكل مجلدات عديدة . وتمكن ماكسويل من التعبير عنها جميعها بواسطة بضع معادلات رياضية بسيطة وأنيقة المظهر . ولكي يجعل التناظر الرياضي - الفيزيائي بين المجالين الكهربائي والمغنطيسي كاملاً ، أضاف ماكسويل طرفا للمعادلة عرف باسم « تيار الانزياح » ، ومن خلال معالجة بسيطة لمعادلاته هذه ، اكتشف شيئين جديدين غير متوقعين وعلى غاية الاهمية : الأول هو إمكانية وجود أمواج كهرطيسية ، والثاني هو أن الأمواج الضوئية هي في الحقيقة نوع من الأمواج الكهرطيسية . وقد تم فعلاً اكتشاف هذه الأمواج من قبل هيرتز بعد سنوات قليلة من التنبؤات ماكسويل . وهناك أمثلة كثيرة أخرى يمكن ان نسوقها للتدليل على أهمية الرياضيات في الفيزياء ، ومن أبرزها حديثاً تنبؤ ديراك بوجود البوزيترون - أو الالكترون المضاد . هذا الجسيم هو الأول بين الجسيمات المضادة التي اكتشفت نتيجة لما افترضه ديراك في أواخر العشرينات نتيجة لمعالجته لحركة الالكترون ضمن مقتضيات ميكانيك الكم والنظرية النسبية وبعض التناظرات الرياضية .

ونذكر أخيراً أن البحث في توحيد القوى الفيزيائية والربط بينها لعب دوار حيويا وحفازاً في تقدم الفيزياء وتطويرها عبر فترة طويلة من الزمن . ففي القرن التاسع عشر ، مثلاً أدت اعمال أمبير وفارادي وأخيراً ماكسويل الى توحيد تام وشامل بين مجالي الكهرباء والمغنطيسية ، اللذين كانا منفصلين تماما في القرن الثامن عشر ثم أعقبهم آينشتاين في قرننا العشرين ليثبت أن المجالين الكهربائي والمغنطيسي هما في الواقع من طبيعة واحدة ، وأن وجود أحدهما أو عدم وجوده يعود الى حركة إطار الراصد الذي يجري التجربة ، وفي السنوات الأخيرة قام عبدالسلام - واينبرغ - غلاشاو بتوحيد التفاعلين الكهرطيسي والضعيف ، وهو عمل يشبه إلى حدما التوحيد بين الكهرباء والمغنطيسية الذي أشرنا إليه سابقاً . هذا ومن المعروف ان آينشتاين قضى جزءاً كبيرا من حياته في محاولات لتوحيد التفاعل الثقالي مع التفاعلات الأخرى .

إن الحلم الأكبر للفيزيائيين يكمن في التوصل في النهاية الى معادلة أو نظرية واحدة تضم محتويات جميع التفاعلات والقوى المعروفة في الطبيعة . ومع أن هذا الهدف قد يبدو غير واقعي الآن إلا أن « النظرية » الجديدة المعروفة ب (نظرية الوتر الفائق) تجسد فعلاً هذا الهدف ويأمل أنصارها أن تكون النظرية التي « تشرح كل شيء » .

لكن يجب الاشارة إلى أن هذه ليست الآن نظرية بالمعنى المعروف ، وانما هي فرضية تتعرض لاختبارات عديدة نظرية وتجريبية ـ قبل قبولها كنظرية أو رفضها أو تعديلها .

ونختتم هذا العمل بقول من الفيزيائي ـ الرياضي الفرنسي العظيم « لوانكارى » (١٨٥٤ ـ ١٩١٢) عن أهمية علاقة الفيزياء بالطبيعة : « نحن اليوم لانقوم باستجداء الطبيعة . اننا نأمرها ، لاننا اكتشفنا بعضا من أسرارها وسنكتشف أسرارا أخرى كل يوم . نحن نأمرها باسم قوانين لانستطيع أن نخالفها ، لان القوانين هي قوانينها . ونحن لانطالبها بمخالفة هذه القوانين ، بل نرضخ لها بكل رضا . وهكذا يمكن أن نحكم الطبيعة بالرضوخ الى قوانينها » . هذا القول يجب أن يذكرنا بان الفيزياء هي ، قبل وبعد كل شيء ، علم يستمد قوته من التجربة ويحتكم اليها ، ولغته هي الرياضيات ، أما هدفه فهو ليس أقل من الوصول الى (جوهر الحقيقة) .

السجل الزمني لتطور نظريات الفكر الفيزيائى :

عام ١٦٠٠ (جيلبرت) يقوم بالتجارب الاولى في مجالي المغنطيسية والكهربائية .

١٦٣٨ (غاليليو) ينشر كتابه « علمان جديدان » وفيه وضع أسس الديناميك ، وكذلك أسس الطريقة التجريبية (بدلا من المنطقية الفكرية) في دراسة الطبيعة .

١٦٦٢ (بويل) يكتشف قانونه في الغازات .

١٦٧٥ نيوتن يعلن نظرية الضوئية الجسيمية .

١٦٧٨ هايغنز يعلن النظرية الموجية للضوء (تطور النظرية وتوضع في صيغة رياضية في عام ١٧٥٠ من قبل الفيزيائي الرياضي الشهير اويلر) .

١٦٨٧ نيوتن ينشر كتاب « المبادىء الرياضية » الذي يشتمل على القوانين الاساسية للميكانيك والثقالة . من أعظم التطورات في تاريخ الفيزياء .

١٧٣٨ بيرنولي يقترح النموذج الاول للنظرية الحركية للغازات .

١٧٦٦ كافنديس يكتشف خلال السنوات القادمة قانون التربيع العكسي للتفاعل بين الشحنات الكهربائية ، وقوانين أخرى في الكهرباء لم ينشر النتائج بسبب خجله وانعزاليته المفرطتين لكنها ظهرت فيما بعد عندما نشر ماكسويل هذه الأعمال .

١٧٨٥ كولومب يكتشف قانون التربيع العكس بين الشحنات الكهربائية .

١٨٠٠ فولطا يصنع البطارية الأولى ، بعد تجارب غالفاني في ١٧٨٠ عن الكهرباء الحيوانية .

١٨٠١ يونغ يبرهن أن تجربته في التداخل الضوئي متفقة مع النظرية الموجية .

١٨١٠ ـ ١٨٧٥ فرينيل ومالوس وفيزو وفوكولت في فرنسا يثبتون من خلال تجارب عديدة أن الضوء يتألف من أمواج معترضة ، ويقومون كذلك بقياس سرعة الضوء في الفراغ والأوساط المختلفة .

١٨١٥ ـ ١٨٢٠ فراونهوفر يلاحظ الخطوط للعناصر ، وايضا الخطوط الامتصاصية في الطيف الشمسي .

١٨٢٠ اور ستيد يكتشف أن التيار الكهربائي يولد مجالا مغنطيسيا إنها بداية الكهرطيسية .

١٨٢٣ امير ينشر النظرية الرياضية للكهرطيسية بما فيها المجال المغنطيسي للتيار الكهربائي .

١٨٢٦ اوم يكتشف قانونه عن الدائرة الكهربائية .

١٨٣١ فاراداي وايضا هنرى يكتشفان قانون الحث الكهرطيسي .

١٨٤٢ دوبلر يكتشف ظاهرة اعتماد طول الموجة أوالتردد على حركة المصدر او الراصد .

١٨٤٢ ماير يحسب التكافؤ الميكانيكي للحرارة ، عن طريق الحرارة النوعية للغازات .

١٨٤٣ جول يقوم بتجارب تثبت التكافوء بين الطاقة الميكانيكية والحرارة ـ خطوة أساسية نحو قانون حفظ الطاقة .

١٨٤٧ هيلمهولتز يقترح قانون حفظ الطاقة (استعمل كلمة القوة بدلا من الطاقة) .

١٨٨٤ جول يطور النظرية الحركية للغازات ويحصل على التفسير الميكانيكي لدرجة الحرارة

١٨٥٠ ـ ١٩٠٠ ماكسويل وبولتزمان (وايضا جيبز في امريكا) يطورون النظرية الحركية الاحصائية للغازات .

١٨٥٩ كير كوف يقوم بدراسات طيفية عديدة على الغازات والسطوح المشعة .

١٨٦٤ ماكسويل ينشر النظرية التي توحد الكهرباء والمغنطيسية والضوء . من أعظم الاعمال منذ كتاب نيوتن .

١٨٧٩ كروك يجرى تجارب عديدة رائعة عن التفريغ الكهربائي في الغازات

١٨٧٩ ستيفان ينشر القانون الذي يحدد علاقة القدرة الاشعاعية مع درجة الحرارة للسطح الاسود .

١٨٨٤ بالمر ينشر علاقة عددية لطول الموجات في طيف الهيدروجين .

١٨٨٧ مايكلسون ومورلي يجريان التجربة الدقيقة الأولى لقياس حركة الارض في (الاثير) . النتيجة كانت سلبية ، لكنها أدت الى تطورات هامة .

١٨٨٧ هيرتز يثبت وجود الأمواج الكهرطيسية التى تنبأ بها ماكسويل

١٨٩٣ فين يشتق قانون الانزياح في إشعاع السطح الأسود .

١٨٩٥ رونتغن يكتشف الاشعة السينية .

١٨٩٦ بيكريل يكتشف الاشعاع النووى في اليورانيوم .

١٨٩٧ تومسون يقيس النسبة بين شحنة الالكترون وكتلته .

١٨٩٧ رذرفورد يبدأ تجاربه عن الإشعاعات النووية .

١٨٩٨ بيير ومارى كيورى يفصلان عنصرى الراديوم والبولونيوم .

١٩٠٠ بلانك يقدم النظرية الكمية للاشعاع

١٩٠٣ رذرفورد وسودى يثبتان ان الاشعاع النووى يؤدى الى تحويل عناصر المواد المعينة .

١٩٠٥ أينشتاين يقدم النظرية النسبية الخاصة الفوتونية للتأثير الكهرضوئى (ومعالجة إحصائية للحركة البراونية) .

١٩٠٧ رذرفورد يقدم نموذجه النووي للذرة

١٩٠٧ - ١٩١٢ تومسون مرة أخرى ، يبدأ بتطوير جهاز مطياف الكتلة .

١٩٠٩ - ١٩١١ ميليكان يقيس شحنة الالكترون

١٩١١ كاميرلينغ - أونز يكتشف الناقلية الفائقة ، بعد ان استطاع إسالة الهليوم .

١٩١٣ بوهر يقدم نموذجه عن بنية ذرة الهيدروجين .

١٩١٥ أينشتاين يقدم النظرية النسبية العامة . التحقيق التجريبى الأول للنظرية أتى في عام ١٩١٩ خلال قياسات عن انحراف الضوء خلال الكسوف الشمسى .

١٩١٩ رذرفورد ينتج هيدروجين واوكسجين من تصادم الفا مع النيتروجين . إنه التحويل العنصرى الاصطناعى الأول فى التاريخ .

١٩٢٤ دى برويل يقدم مفهوم الأمواج المادية .

١٩٢٥ اولينبيك و وغود سميث يقترحان وجود خاصية اللف للالكترون .

١٩٢٥ باولي ينشر مبدأ الاستبعاد .

١٩٢٥ هايزنبرغ وبورن وايضا جوردان يطورون ميكانيك الكم .

١٩٢٦ شرودينغر يقدم النظرية الكمية ـ الموجية للهيدروجين .

١٩٢٧ هايزنبرغ يعلن مبدأ الارتياب فى ميكانيك الكم .

١٩٢٧ دافيسون وجيرمر وايضا تومسون الابن يحصلون على الانماط الحيوديه للالكترون . ويتنبأ بوجود البوزيترون .

١٩٣٢ لورانس يبنى مسرع السايكلوترون الأول .

١٩٣٢ تشادويك يكتشف النيوترون

١٩٣٢ أندرسون يكتشف البوزيترون

١٩٣٨ هان وستراسمان يكتشفان الانشطار النووى فى اليورانيوم بسبب ارتطام النيوترون به وتولد نيوترونات أخرى من الانشطار . بداية التفكير بالتفاعل التسلسل .

١٩٣٩ بيت وفايساكير يقترحان الاندماج النووى كمصدر للطاقة فى الشمس والنجوم .

١٩٣٩ أوبينهايمر يقترح وجود الثقوب السوداء فى الكون .

١٩٤٢ فيرمى . يبنى المفاعل النووى الأول فى التاريخ .

١٩٤٥ تطوير وتفجير القنبلة النووية الأولى فى التاريخ وانتهاء الحرب العالمية الثانية أصبح كل شىء مهيأ لولادة عصر جديد من التكنولوجيا وبداية الثورة الصناعية الثانية .

* * *

المراجع

- ١ Abro A. The Rise of the New Physics (Dover, 1951) Vols. I and II.
- ٢ Arons, A., Development of Concepts in Physics)Addison - Wesley, 1965).
- ٣ Cajori, F. A History of Physics (Dover, 1962).
- ٤ Dampier, W.C., A History of Science (Cambridge, 4th ed. 1966).
- ٥ Einstein, A., and Infeld, L., The Evolution of Physics (Simon the Schuster, 1961).
- ٦ Gribbin, J., Schrodinger's Cat (Wild-Wood House, London, 1984).
- ٧ Hey, T., and Writers, P., The Quantum Universe (Cambridge, 1987)
- ٨ Holton, G., Roller, D.H.D. and D., Modern Physical Science (Addison-Westley, 1958).
- ٩ Maggie, W.F., A Source Book in Physics (McGraw-Hill, 1935).
- ١٠ Mason, S.F., A History of the Sciences (Collier, 1962).
- ١١ Phillips, M.N., Physics History from AAPT Journals (American Associtiion of Physics Teachers, 1985).
- 21 ' Sears, F.W., et. al.,n University Physics. (Addison-Wesley, 6th ed., 1982).
- ١٣ Weart, S.R. and Phillips, M., History of Physics (American Institute of Physics-1985).
- ١٤ Webber, R.L., Pioneers of Science (The Institute of Physics, London, 1980).
- ١٥ Hecht, E., Physics in Perspective (Addition-Wesley, 1980).

* * *

بحوث العمليات علم حديث أم منهج جديد؟

عبد الغني الإمام

ملخص :

تسرد هذه الورقة تسلسل الأحداث التي أدت الى نشأة بحوث العمليات وتطور تطبيقاتها العملية بدءا باستخداماتها في المجال العسكري ، خاصة في بريطانيا والولايات المتحدة الأمريكية أثناء الحرب العالمية الثانية ، وانتشارها فيما بعد لتغطي العديد من المجالات الصناعية والزراعية والصحية والتعليمية والاجتماعية . ويتطرق المقال الى المنهج العلمي وطرق توظيفه في تطبيقات بحوث العمليات بما في ذلك خطوات تطوير وحل النماذج الرياضية .

وملحق بالبحث أمثلة لاستخدام نماذج البرمجة الخطية والنقل والبرمجة الديناميكية وخطوط الانتظار في مجال الصناعة ، وتوزيع الشحنات وتخصيص الأعمال والصيانة ، وبعض تطبيقات بحوث العمليات في المجالين التعليمي والصحي ، بهدف تقريب مفهوم بحوث العمليات الى ذهن القارىء .

ويتناول البحث التطور والنمو المتوقعين في بحوث العمليات خاصة من حيث تنوع مجالات التطبيقات ونوعية الأبحاث المستقبلية . كما يعرض للتطور في الجمعيات المهنية والدوريات العلمية وبرامج التعليم في مجال بحوث العمليات . وفيه نبذة مختصرة عن تطور بحوث العمليات في الوطن العربي ومحاولة استشفاف الدروس المستفادة من الأحداث التي أدت الى تطور ونمو بحوث العمليات .

وتنتهي الورقة بمحاولة للاجابة عن السؤال المطروح بعنوان المقال «بحوث العمليات : علم حديث أم منهج جديد؟»

البدايات :

ليس من العسير ، وعلى خلاف غالبية المجالات العلمية والتقنية الحديثة الأخرى ، التعرف بدقة على مجريات الأحداث التي أدت الى ظهور بحوث العمليات ، نظرا لقرب العهد ببداياتها ولأن تطورها موثق توثيقا جيدا لارتباطها بالمجال العسكري في نشأتها . ففي عام ١٩٣٥ ، وكجزء من مجهودات بريطانيا لتجهيز الوسائل الكافية للتصدي للتهديد المتنافس لسلاح الجو الألماني ، قام العديد من العلماء بإجراء سلسلة من التجارب العاجلة بهدف تحديد موقع طائرة عن طريق ارسال موجات راديو من محطات أرضية والتعرف على انعكاساتها عن الطائرة فيما عرف بعد ذلك باسم الرادار . ولقد تبلور علم بحوث العمليات لنفس السبب الذي استحدث من أجله الرادار ، ألا وهو استيفاء الاحتياجات العسكرية للدفاع عن بريطانيا ضد الهجمات الجوية أثناء الحرب العالمية الثانية . ويصعب فهم مصدر بحوث العمليات بدون النظر الى أصل الرادار ، خاصة وأن أول مجموعة لدراسات بحوث العمليات تكونت بالكامل من الرواد والعلماء ذوي الخبرة في الأبحاث التقنية لتطوير الرادار . لقد بدأت هذه التجارب في أورفوردنيس Orfordness على الساحل الشرقي لبريطانيا على بعد حوالي مئة كيلومتر شمال مصب نهر التيمز واستمر العمل بعد هذا في بودزي Bawdsey، على بعد ١٦ كيلومترا الى الجنوب ، حيث استقر فريق البحث وتم تركيب المعدات المصممة حديثا . ومن الواضح أن معظم الرواد الأوائل لبحوث العمليات اعتبروا عملهم علميا بالدرجة الأولى . اذ يقول بلاكيت (Blackett, 1962) في عام ١٩٤١ ان دراساتنا ما هي الا « تحليل علمي للعمليات » ، مؤكدا توفير الظروف المناسبة لمثل هذا العمل بقوله : « المطلوب هو بحث علمي من الدرجة الأولى يقوم به باحثون ذوو قدرات علمية عالية » .

ومن الخصائص الواضحة لبحوث العمليات كما تمارس اليوم أنها ذات صبغة عملية ، اذ أن غرضها هو المساعدة في ايجاد وسائل تحسين كفاءة العمليات الجارية أو المستقبلية . ولانجاز ذلك فلابد من دراسة العمليات السابقة بهدف التعرف على الحقائق وتوضيح النظريات التي تشرح هذه الحقائق ، واستخدام هذه النظريات والحقائق لاستشراف العمليات المستقبلية في تحقيق غاية مقصودة . وبطبيعة الحال ، فان الاستشراف غالبا ما يتعرض لتغير كبير الا أن هناك كثيرا من الوسائل الكمية للاستشراف أعطت نتائج مرضية تشير الى الاستقرار النسبي والملموس كثيرا في العوامل التي تؤثر في العمليات المتكررة . ويلاحظ كل من مورس وكمبال (Morse and Kimball (1946 أن الكثير من القوى البشرية والآلات التي تقوم بعمليات معقدة تتبع خطوات منتظمة بطريقة تبعث الى الدهشة ، الأمر الذي يمكن باحثي العمليات من استشراف نتائج هذه العمليات بدقة وعلى غير ما يعتقده كثير من علماء العلوم الطبيعية .

ويعزو الرواد الأوائل في مجال بحوث العمليات حداثة ما يقومون به الى سببين رئيسيين : الأول يتعلق بظاهرة خضوع نظم التشغيل (Operating Systems) الى الدراسة العلمية والثاني يتناول الترتيبات الادارية التي طورت بهدف التنفيذ العملي لما تم استخلاصه من الدراسة العلمية ، وما زالت هذه الرؤية صالحة الى يومنا هذا .

• أحداث ما قبل الحرب العالمية الثانية وعلاقتها ببحوث العمليات :

تتناول هنا الأحداث ذات الأهمية في نشأة بحوث العمليات خلال السنوات (١٩٣٣ - ١٩٣٩) ، ابتداء من تولي أدولف هتلر مقاليد السلطة وحتى انفجار الموقف عام ١٩٣٩ . ونسرد هذه الأحداث كما يرويها أحد العلماء الذين شاركوا فيها ، هارولد لارندر Harold Larnder (1984) اذ قدم باختصار أنشطة بحوث العمليات قبل وأثناء الشهور الأولى للحرب عندما ساهمت دراسات بحوث العمليات في الانتصار في معركة بريطانيا عام ١٩٤٠ . وتقف الأحداث في هذه السنوات كعلامة مميزة وسباق هام مع الوقت بين هتلر الذي أعلن عن عزمه بناء قوة جوية ضاربة تتحدى قدرات كل من سلاحي الجو البريطاني والفرنسي مجتمعين وبين بريطانيا في تطوير قدرات الدفاع الجوي حتى تصبح فعالة في مقاومة الهجمات الألمانية على الجزر البريطانية .

عام ١٩٣٣ لم تكن ألمانيا تمتلك حينئذ القوة الجوية التي تهاجم بها بريطانيا ولم يكن لدى بريطانيا ، دفاع ضد الهجمات الجوية . وهناك فارق واضح بين موقف الدولتين . فلم تكن هناك معوقات سياسية أو عملية تعرقل بناء القوة الجوية الألمانية كما تصورها هتلر في ذلك الوقت . وعلى العكس من ذلك ، كانت بريطانيا تواجه مشكلة تقنية ليس لها حل . وتتعاظم المشكلة لأن الجزر البريطانية تقع على بعد حوالي ٧٠ ميلا من الساحل الألماني ، أي مجرد ١٧ دقيقة طيران للقاذفات الألمانية . ولم تتوافر في ذلك الوقت الوسائل الكفيلة بتحذير دفاعات الجو البريطانية ضد هجمات العدو عن طريق متابعة تحركات القاذفات المعادية بما يتيح للمقاتلات الجوية الدفاعية الوقت الكافي للاقلاع والاشتباك معها قبل وصولها الى معظم التجمعات المعرضة للهجمات بالجزر البريطانية .

عام ١٩٣٤ انصرف الألمان الى بناء قوتهم الجوية بينما عجز البريطانيون عن ايجاد حل لمشكلتهم الأساسية للانذار المبكر . وعلى هذا كان من الطبيعي أن يركز سلاح الجو الملكي البريطاني على بناء القاذفات بدلا من المقاتلات . وفي الوقت نفسه ، ونظرا للحاجة لاتخاذ إجراء ما للتغلب على غياب وسائل الانذار المبكر ، كوّن سلاح الجو في شهر ديسمبر من ذلك العام لجنة برئاسة سير هنري تيزارد «Sir Henry Tizard» لمراجعة الوسائل العلمية للدفاع الجوي وكانت المهمة الرئيسية لهذه اللجنة هي الاجابة عن السؤال الآتي : « الى أي مدى يمكن الاستفادة من أحدث ما توصلت اليه المعرفة العلمية والتقنية لتقوية وتعزيز الوسائل الحالية للدفاع ضد الطائرات المعادية ؟» .

وفي غياب حل واضح للمشكلة وجهت اللجنة اهتمامها نحو دراسة امكانية بناء سلاح دفاعي لا يتطلب وقتا طويلا لانذار الطائرات المقاتلة . وعلى الرغم من أن وقت الانذار الذي تتطلبه المدفعية المضادة للطائرات مقبول ، الا أن استعمالها الفعال استبعد لعدة أسباب . لذا اتجهت اللجنة نحو البحث في امكانية تطوير « شعاع للموت Death Ray » يستخدم في قتل أو شل قدرة الطيار أو تعطيل الطائرة المهاجمة . ومن أجل انجاز هذا السلاح استشارت اللجنة العديد من العلماء والمهندسين البارزين .

عام ١٩٣٥ قام أحد أعضاء اللجنة بدعوة « روبرت واتسون وات Robert Watson Watt » الى النظر في امكانية تطوير سلاح « شعاع الموت » . على الرغم من شكوكه البدلية باستحالة الفكرة الا انه قام مع معاونيه بالنظر

والبحث في هذه المشكلة . ولقد أكدت الدراسة استحالة الفكرة الا أنها كشفت عن الحاجة الى تحديد موقع الطائرة المعادية (حتى لو أمكن تطوير شعاع الموت) بحيث يمكن توجيهه نحو الطائرة . وقام واتسون وات بابلاغ اللجنة انه على الرغم من عجزه عن اختراع شعاع الموت المطلوب الا أنه يعتقد أن الدراسة التي يقوم بها يمكن أن تؤدي الى تطوير وسيلة بالراديو لتحديد موقع الطائرة المعادية . وعزز واتسون وات ما قدمه للجنة بتجربة بسيطة أقنعت أعضاء اللجنة بتوفير الدعم المالي والعلمي المطلوب لتطوير ما يعرف الآن بالرادار . وبدأت التجارب في أورفوردنيس في مايو ، وخلال شهر واحد تم التوصل الى مدى يصل حتى ٣٩ ميلا لطائرات معلومة الموقع .

وعلى الرغم من القصور في قدرات الأجهزة (التي تم تجميعها على عجل) سواء في درجة الاعتماد على أدائها أو مدى انتقال الموجات الا أن نتائج هذه التجارب اعتبرت انفراجا علميا حقيقيا .

عام ١٩٣٦ قامت وزارة الطيران البريطانية بانشاء محطة بودزي للأبحاث على الساحل الشرقي بالقرب من مدينة فيلكستو Felixstowe في مقاطعة سافوك Suffolk كمركز لجميع تجارب الرادار لكل من الطيران والجيش . وتم تحسين قدرات أجهزة الرادار التجريبية حتى أمكن الاعتماد عليها لكشف طائرات على بعد مئة ميل . وفي هذه المرحلة وجهت الدعوة الى لارتفوز للالتحاق بفريق واتسون وات لأبحاث الرادار .

عام ١٩٣٧ تم القيام بأول تدريبات قبل الحرب على الدفاع الجوي في صيف هذا العام . وشملت المحطة التجريبية للرادار في بودزي للحصول على المعلومات التي تم تحليلها في نظام الانذار والمراقبة للدفاع الجوي . ولقد حصل فريق البحث على نتائج مرضية فيما يتعلق بالانذار المبكر ، ولكن لوحظ قصور في معلومات المتابعة الناتجة من الرادار .

عام ١٩٣٨ في يوليو من ذلك العام جرت المناورة الرئيسة الثانية في الدفاع الجوي . وانشئت أربع محطات رادار إضافية على الساحل ، الا أن المناورات كشفت عن صعوبات جديدة ومشاكل خطيرة هي الحاجة الى التنسيق والربط بين المعلومات الاضافية المتناقضة في كثير من الاحيان والتي تم استقبالها من محطات الرادار الاضافية . وهكذا أعلن رو A.P. Rowe رئيس محطة بودزي للابحاث أنه على الرغم من أن المناورات أظهرت الجدوى التقنية لاستخدام نظم الرادار في الكشف عن الطائرات المعادية الا أن قدراته التشغيلية عجزت عن الايفاء بمتطلبات الدفاع الجوي ، واقترح أن توجه الأبحاث فورا نحو الاعتبارات التشغيلية بدلا من العوامل التقنية للنظام . وخرج الاصطلاح « بحوث العمليات perational Research » الى حيز الوجود ليصف هذا الفرع الجديد للعلوم التطبيقية . وفي اليوم نفسه تم تكوين أول فريق لدراسة بحوث العمليات من بين علماء الرادار تحت قيادة « ويليامز E.G. Williams» وخلال أسابيع معدودات تم تكوين فريق آخر بقيادة روبرتس G.A. Roberts والتحق هذا الفريق بفرقة العمليات لمجموعة المقاتلات لملاحظة ودراسة المراقبين الذين يتعاملون مع المعلومات التي يتم تزويدها من مجموعة الرادار وسلاح الاشارة الملكي . وقام أحد أعضاء الفريق الثاني ، وهو كول I.H. Cole، بدراسة الوسائل التقنية للتحكم في تشكيلات المقاتلات ضد تشكيلات القاذفات المعادية خلال العمليات النهارية ثم التحكم في

مقاتلة واحدة ضد قاذفة أثناء ساعات الظلام ، بالاضافة الى المقاتلات من طراز هاريكن Hurricane التي التحقت بالخدمة في عام ١٩٣٧ ، تم تشغيل المقاتلة سبتفاير Spitfire في عام ١٩٣٨ وتغيرت الأولويات لسلاح الجو من القاذفات الى المقاتلات .

ونشير هنا الى أن مستشاري رئيس الوزراء العسكريين اتخذ طلبوا منه قبل أن يذهب لمقابلة هتلر في ميونخ أن يبذل أقصى ما في وسعه لتفادي الحرب مع ألمانيا في ذلك العام .

عام ١٩٣٩ في صيف ذلك العام قام البريطانيون باجراء آخر مناورات الدفاع الجوي قبل اندلاع الحرب . وشارك فيها ما يقرب من ٣٣,٠٠٠ رجل و ١٣٠٠ طائرة و ١١٠ مدفع مضاد للطائرات و ٧٠٠ أضواء استكشاف ومائة بالونة تمويه . وقد أثبتت هذه المناورات نجاح طرق تشغيل نظام المراقبة والانذار للدفاع الجوي . وعزى هذا النجاح الى المساهمات القيمة التي قدمها الفريقان برئاسة كل من روبرتس وويليامز . ونظرا لأداء هذين الفريقين المتميز ، فقد طلب ماريشال الجو سير هيو دودنج Sir Hugh Dowding قائد قيادة المقاتلات التحاق أعضاء الفريقين بمقر قيادته في ستانمور Stanmore تحت مظلة ادارة جديدة سميت « بحوث ستانمور » (Stanmore Research)، رأسها لارندر ابتداء من الثالث من سبتمبر ١٩٣٩ . ولقد تم تغيير اسم هذه الادارة الى « قسم بحوث العمليات Operational Research Section» عام ١٩٤١ ، عندما تم الاعتراف رسميا بالاصطلاح « بحوث العمليات » . وأنشئت عدة أقسام مماثلة له في باقي قيادات سلاح الجو الملكي .

• بحوث العمليات في بريطانيا (١٩٣٩ ـ ١٩٤٠)

تركزت هجمات الألمان الجوية ضد بريطانيا أثناء خريف عام ١٩٣٩ وشتاء وربيع ١٩٤٠ في اختراقات قصيرة قرب الساحل بواسطة تشكيلات صغيرة لضرب السفن الخفيفة والفرقاطات وزرع الغام بحرية من الجو على الساحل الشرقي خاصة بالقرب من مصب نهر التيمز . ويشير تقرير لوزارة الجو البريطانية صدر عام ١٩٦٣ (صفحة ١٢) الى « أن الكفاءة العالية لمحطات الرادار التي تم التوصل اليها في وقت معركة بريطانيا ترجع الى حد كبير الى قيام ادارة بحوث العمليات بتحليل كل حالة من حالات الفشل في اعتراض الغارات النهارية تقريبا منذ غارة «Firth of Forth» في شمال الجزر البريطانية في أكتوبر ١٩٣٩ » . واتسعت دراسات الادارة لتشمل تغذية نظام المراقبة والانذار بالمعلومات لاستقرار وتجهيز الطائرات المقاتلة الدفاعية . بالاضافة الى ذلك فقد مد قسم بحوث العمليات يد المساعدة الى البحرية البريطانية في تحديد المواقع المحتملة للألغام بناء على مسارات الطائرات المعادية أثناء القائها هذه الألغام وأدى هذا الى تلقي القسم لطلبات منتظمة للمساعدة في مثل هذه المسائل .

وكان مايو ١٩٤٠ نقطة تحول هامة في تطبيق بحوث العمليات في الحرب ، اذ طلب الى قسم بحوث العمليات القيام باستشراف نتائج عمليات مرحلية وأثرها على السياسات المختارة . ففي هذا الوقت صعّد الألمان من هجماتهم ضد فرنسا مما استدعى الاستعانة بحوالي ١٠ أسراب جوية دفاعية من قيادة المقاتلات البريطانية ، الأمر الذي يتطلب

الصيانة والتشغيل من مطارات في القارة الأوروبية . وأبدى الماريشال دودنج Dowding تخوفه من زيادة خسائر هذه الأسراب المقاتلة عند اشتباكها مع المقاتلات الألمانية تحت هذه الظروف . ولقد تحققت هذه التخوفات عندما بلغ معدل الخسائر البريطانية حوالي ٣ أسراب كل يوم ، الأمر الذي سيؤدي ، لو استمر مثل هذا المعدل ، الى إضعاف قدرات المقاتلات في الدفاع عن الجزر البريطانية .

وفي ١٤ مايو ١٩٤٠ علم دودنج أن رئيس الوزراء « تشرشل Churchill» يميل الى الاستجابة لطلب من رئيس الوزراء الفرنسي بإرسال عشرة أسراب مقاتلة اضافية ، فطلب إذنا خاصا لحضور اجتماع مجلس وزراء الحرب لابداء معارضته لمثل هذا الاجراء . وفي الوقت نفسه وبناء على اقتراح ويليامز طلب من لارندر مساعدته في إعداد الدراسات التي تدعم موقفه . وتم القيام بدراسة سريعة لمقارنة معدل الخسائر اليومية العالية بمعدلات الاستبدال الممكنة للمقاتلات المفقودة . وتبين أن هذا التدخل سيؤدي الى إضعاف قدرات القيادة الجوية للمقاتلات الى مستويات غير مقبولة . ونظرا لصعوبة فهم وتتبع جدول يربط بين أرقام الخسائر والوقت ومستويات القوات فقد مثلت هذه الأرقام في رسم بياني تم ارفاقها بالتقرير . ولقد أشار الماريشال Dowding بعد الاجتماع الى أن هذه الدراسة قد ساعدته في إقناع مجلس وزراء الحرب في توصيته بعدم الاستجابة الى طلب رئيس الوزراء الفرنسي . وهكذا تم استرجاع ج... أسراب ، ما عدا ثلاثة ، الى بريطانيا خلال أيام .

وتتبلور القيمة الحقيقية لدراسة بحوث العمليات هذه في تقديم المعلومات بشكل بياني مما ساعد الماريشال دودنج في اقناع المجلس بتفادي تبني قرارات قد تقضي على القوة الجوية البريطانية .

● مساهمة بحوث العمليات في معركة بريطانيا Battle of Britain

من الصعب ، ان لم يكن من المستحيل ، عند تقييم فوائد النشاط المبكر لبحوث العمليات أن نغفل ذكر معركة بريطانيا في صيف عام ١٩٤٠ . وبالطبع ، فان معركة مثل هذه تعتمد في نجاحها أو فشلها على كثير من العوامل الهامة . وبالتأكيد لا يمكن ادعاء أن بحوث العمليات هي التي ادت الى كسب المعركة . الا أن بحوث العمليات قد ساهمت بانجازين رئيسيين هامين نحو النصر في هذه المعركة :

الأول يتعلق بمد يد المساعدة للطيارين البريطانيين في التصدي للطائرات الألمانية المهاجمة عن طريق نظام الانذار والمراقبة مما مكنهم من الاقتصاد في مجهودهم واكتساب ميزة تكتيكية في استخدام الشمس والارتفاع لاختيار مواقعهم المثلى بالنسبة للقوات المهاجمة . لقد كانت مساهمة بحوث العمليات في فعالية نظام الانذار والمراقبة هامة وملحوظة .

أما الشق الآخر فيتعلق بالقرار الخاص بإيقاف ارسال أسراب المقاتلات البريطانية الى فرنسا . لقد كسبت بريطانيا المعركة بامتلاكها قوات جوية تتعادل تقريبا مع سلاح الجو الألماني . فلو تم زيادة العشرة أسراب في فرنسا الى عشرين بناء على طلب بعض المسئولين العسكريين بدلا من سحبها لوصل معدل الخسارة الى حوالي ٣٦ طائرة يوميا

أي ٢٥٠ ـ ٢٦٠ طائرة في الاسبوع ، بالاضافة الى النزيف المستمر في خبرة الطيارين ذوي المهارات العالية . فلو تغلب رأى تشرشل وتم ارسال الأسراب الاضافية الى فرنسا لخسرت بريطانيا المعركة في سبتمبر .

ولقد نوه الماريشال دودنج بأهمية عمل بحوث العمليات في مذكرة مختصرة وجهها عند تقاعده الى لارندر في عام ١٩٤١ نصها كالآتي : «ان هذه الحرب سيتم كسبها بالتطبيق المنطقي للعلم على احتياجات العمليات» .

• بداية بحوث العمليات بالولايات المتحدة الأمريكية :

ننتقل الآن الى عر[illegible] [illegible] بحوث العمليات بالولايات المتحدة الأمريكية من خلال السيرة الذاتية لأحد العلماء البارزين في هذا [illegible] ، فيليب مورس Philip M. Morse » وبالذات فيما يتعلق بمجهودات أول مجموعة لبحوث العمليات في الولايات المتحدة (Morse, 1986) في عام ١٩٤١ كان مورس يعمل في مشروع للبحرية الأمريكية يهدف الى التعرف على الضوضاء الناتجة عن السفن تحت المياه . واستخدامات هذه المعرفة في تصميم جهاز لانتاج ضوضاء تشبه ضوضاء السفن يمكن سحبه خلف السفن ليؤدي الى انفجار الألغام الصوتية دون حدوث اضرار للسفينة . وبنهاية ١٩٤١ تم انجاز المشروع بنجاح ، ولكنه لم يشبع رغبات مورس في الاقتراب من الدراسات المتعلقة بالقرارات التشغيلية Operational Decisions للبحرية الأمريكية . وبناء على عدة اتصالات ، تم استدعاء مورس لمقابلة الكابتن « بيكر Baker» بقيادة المنطقة البحرية الأولى في بوسطن في أواخر مارس ١٩٤٢ . وكان الكابتن بيكر يرأس وحدة تشغيلية جديدة تدعى « وحدة الحرب المضادة للغواصات » ، تكون جزءا من أسطول الأطلنطي . ولقد أنشأ هذه الوحدة الأميرال كنج King لدراسة وتنسيق دفاعات البحرية ضد الغواصات الألمانية والتي كانت تعمل بنجاح على امتداد الساحل الشرقي للولايات المتحدة الأمريكية . وقضى بيكر عدة شهور بانجلترا للتعرف على الوسائل التي تبنتها البحرية البريطانية وقيادة السواحل لحماية السفن ضد هجمات الغواصات . وأعجب الكابتن بيكر بالمساندة التي قدمها العلماء المدنيون في استكشاف تكتيكات العدو وتقويم مدى كفاءة الدفاعات ضد الهجمات . وأثناء مقابلة مع بلاكيت الذي شارك في تطوير الرادار لقيادة المقاتلات ، قبل التحاقه كمستشار علمي للبحرية ، علم بيكر أن رادار الانذار المبكر لم يصبح فعالا بالكامل حتى قام العديد من العلميين المدنيين بمراقبة وتسجيل أداء الرادار في ظروف الميدان ، وبالتالي ، اكتشاف القصور في التصميمات الأولى للأجهزة خاصة عند استعمالها بواسطة مشغلين غير فنيين مما أقنع بلاكيت وباقي العلماء البريطانيين بأهمية تناسب تصميم الأجهزة مع قدرات مستعمليها ، بالاضافة الى ضرورة تزويد المشغلين العسكريين بالتعليمات عن هذه الأجهزة . واستنادا الى ما رآه في بريطانيا طلب بيكر من مورس تكوين فريق عمل علمي لمساعدة وحدته في تحليل الدفاعات المضادة للغواصات .

وعلى الفور جمع مورس عددا من العلماء في الرياضيات والفيزياء من جامعة برنستون ومعهد ماستشوستس للتكنولوجيا ومعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا وجامعة كاليفورنيا في بيركلي وصل عددهم الى ١٧ ، أكثرهم من علماء الرياضيات . وبدأ الفريق بالاطلاع على العديد من التقارير والوثائق المتاحة عن هجمات الغواصات الألمانية وردود

فعل البحرية الأمريكية تجاه هذه الهجمات ، بالاضافة الى مقابلة بعض الضباط الذين شاركوا في تحديد أماكن الغواصات وتعرضوا لهجماتها . واتجه الفريق الى التفكير في تطوير نظرية للحرب المضادة للغواصات باستخدام تحليل كمي مبسط . واعتمد هذا التفكير على أن خطورة الغواصات تنبع من صعوبة اكتشافها مما يجعل تحديد موقع الغواصة المهاجمة من أهم خطوات الدفاع ضدها . وطبقا لتكتيك الألمان ، فان هذه الغواصات تشن هجماتها من تحت سطح الماء بينما تطفو أكثر من نصف الوقت فوق سطح الماء لشحن بطارياتها ولسرعة التحرك بالاضافة الى الاتصال على موجات الراديو القصيرة مع قواعدها بألمانيا ، الأمر الذي يتيح الفرصة لمهاجمتها والقضاء عليها باستخدام الطائرات لتحديد مواقعها وهي تبحر فوق سطح المياه ولكن يبقى بعد هذا العديد من الأسئلة التي تتطلب الاجابة عنها :

ـ ما هي أقصى مسافة تسمح برؤية غواصة تطفو فوق سطح البحر ؟

ـ هل رؤية الغواصات ممكنة دائما ؟ وما هي نسبة الوقت التي لا يمكن خلاله رؤية الغواصة ؟

واقتنع الباحثون بأن الاجابة على هذه الاسئلة ستمكنهم من تحديد مساحة المحيط التي يمكن تغطيتها بطائرة استكشاف في غضون ساعة . وبالتالي ، يمكن حساب عدد الطائرات المطلوبة لتغطية منطقة معينة في المحيط مع تقدير احتمال رؤية غواصة فيها ، ومن ثم ، تحديد أنسب المسارات للاستكشاف الجوي عن الغواصات بأسرع ما يمكن ، بالاضافة الى تعريف هذه المسارات للمدمرات المزودة بأجهزة السونار والتي تقوم بالكشف عن الغواصات المعادية لحماية السفن .

وكان لابد ، قبل تطبيق نظريتهم للاستكشاف أن ينظر الباحثون في كيفية الحصول على المعلومات اللازمة . وتتعلق هذه المعلومات بمدى فعالية رادارات الاستكشاف كما حددها مصممو هذه الأجهزة . ولكن هل تم تحديد هذه المعلومات مع الأخذ بالاعتبار أن هذه الأجهزة يقوم بتشغيلها أفراد طاقم مرهق موجودون على متن طائرة عسكرية أصواتها مزعجة ، تطير فوق محيط مكفهر لمدة ثماني ساعات ، وبدون الكثير من الأجهزة الملاحية الدقيقة المتاحة في العصر الحاضر ؟ أي أن فريق البحث كان عليه أن يحدد بدقة المدى التشغيلي والفعال للرادارات في مناخ الحرب ، لا تحت ظروف المختبر . وهكذا ، اتجه فريق البحث الى تقارير العمليات السابقة للحصول على هذه المعلومات .

وواجه الفريق عقبة رئيسية عند الاستعانة بتقارير العمليات نظرا لعجز هذه التقارير عن الاجابة على العديد من استفساراتهم . وكان الاستبيان المستخدم في هذه التقارير حافلا بالكثير من المعلومات المتفرقة التي تدل على أن الاستبيان وضع بدون تمحيص في التركيب الأساسي لعمليات الاستكشاف ، وخلى من التركيز على النواحي الكمية مما أدى الى قصور كبير في البيانات المطلوبة . وبالمقابل ، فقد لوحظ وجود تغيرات كبيرة في البيانات المتاحة يصعب شرحها .

وكان رد فعل فريق البحث نحو القصور الواضح للبيانات المتاحة هو الاقتراب من العمليات الموضوعة تحت الدراسة لتسجيل البيانات مباشرة بدلاً من الحصول عليها من خلال عدة حلقات من الاتصال ، أي أن الباحثين قرروا أن البيانات التقنية لابد أن يقوم بجمعها المختصون بدلاً من العسكريين .

ويذكر فيليب مورس انه عندما طلب من الكابتن بيكر أن يسمح للعلماء من فريق الدراسة بالالتحاق بالقواعد المضاده للغواصات اقترح أن يرتب لقاءات بين العسكريين اللذين شاركوا في الاشتباكات مع غواصات العدو وأعضاء فريق الدراسة . وبعد عدة لقاءات وضح للدارسين عدم كفاءة هذه المقابلات ، نظرا لاختلاف اهتمامات طرفي اللقاء . وعليه شرع بيكر في ترتيب التحاق أعضاء فريق الدراسة المدنيين بالقواعد المضادة للغواصات . ونظرا لان هذه الخطوة هي الأولى من نوعها فلقد تم اختيار هؤلاء الأفراد من ذوي الكياسة واللباقة بعناية فائقة وبحذر .

خلال يونيو من ذلك العام التحق آرثر كيب وب مكارثي P. McCarthy و Arthur Kip بقيادة الجبهة البحرية الشرقية بنيويورك والعديد من القواعد البحرية بالمحيط الأطلنطي . وكانت الخبرات «لأوليض» هؤلاء الرجال مشابهة لدرجة تدعو الى الدهشة . لقد تمكنوا من اقناع القائمين بالاستكشاف بأهمية التسجيل الدقيق للمعلومات بعد أن كان اعتقاد الطيارين أن هذه التقارير لا تقرأ . وبعد مهلة قصيرة شارك أعضاء فريق الدراسة في رحلات استطلاعية ولمسوا بأنفسهم العديد من التفاصيل والمعلومات التي لم تجد طريقها الى التقارير . وسرعان ما توفرت المعلومات اللازمة لتطبيق نظريات الاستكشاف في معادلاتها الرياضية التي قام باستنباطها فريق الدراسة . وبدأ العلماء في إحلال الأرقام مكان الرموز في المعادلات مع تحسين المعادلات لتقترب أكثر وأكثر من الواقع . وفي وقت قصير ، قام فريق الدراسة بتقديم العديد من خطط الاستكشاف أدى تطبيقها الى زيادة ملحوظة في عدد الغواصات المكتشفة أسبوعيا . وأصبحت المعلومات القادمة من القواعد أكثر دقة ، الأمر الذي سمح بالتعرف على أية تغييرات في تكتيكات الغواصات .

وبالطبع ، فان الاكتشاف ما هو الا نصف المشكلة فلابد من مهاجمة الغواصة بعد العثور عليها . ولم تتوافر انئذ سوى شحنات من متفجرات الأعماق تلقى من الطائرات أو المدمرات تنفجر على عمق معين يفترض أن يكون قريبا من الغواصة . الا أن هذه الشحنات كانت ذات فعالية محدودة وخاصة عند القائها من الطائرات . فقد كانت تنفجر أحيانا على السطح لو تم إلقاؤها من ارتفاع عال وحتى عندما تنفجر بالقرب من الغواصة ، فان الطيار لا يتوفر لديه الدليل على أن الغواصة قد أصيبت . وعند النظر في تفاصيل الهجمات ضد الغواصات ، علم أعضاء الدراسة أن الشحنة معدة للانفجار على عمق ٧٥ قدما تحت سطح الماء وهو العمق الأمثل للشحنات الملقاة من المدمرات . أما في حاله استخدام الطائرات فان الطائرة عادة ما تجد الغواصة على السطح . وهكذا فان حدوث انفجار على عمق ٧٥ قدما ربما يهز الغواصة الطافية ولكنه لن يصيبها بأذى . لذا اقترح ويليام شوكلي William Shockley، الذي التحق بالفريق في مايو ، تفجير الشحنة على عمق ٣٠ قدما بدلا من ٧٥ قدما ، كما هو الحال للشحنات الملقاة من المدمرات . وخلال شهرين كان من الواضح أن هذا التغيير أدى الى زيادة عدد الغواصات المصابة وارتفاع عدد الغواصات الغارقة بحوالي خمسة أضعاف .

وأدت هذه النجاحات السريعة الى انتشار سمعة طيبة عن انجازات وقدرات الفريق مما دعا الكابتن بيكر الى اصطحاب المجموعة معه عند انتقال وحدته الى مقر القيادة الرئيسية للبحرية بمدينة واشنطن . وينطوي هذا العمل على خطوة جريئة من ضابط بحري قديم ، اذ انه اعتبر مجموعة من العلماء جزءا هاما من الجهاز البشري ومجموعة مستشاري الأميرال كنج ، القائد العام لاساطيل الولايات المتحدة . وعلى الرغم من أن هؤلاء العلماء كانوا مدنيين ولم يعينوا كضباط في البحرية أو حتى كموظفين حكوميين ، بل وحتى أجورهم كانت تدفع من خارج البحرية بواسطة لجنة أبحاث الدفاع القومي ، بناء على عقد مع جامعة كولومبيا . وشكل هؤلاء العلماء مجموعة بحوث العمليات للحرب المضادة للغواصات ASW Operations Research Group (ASWORG)، كوحدة من وحدات الكابتن بيكر وسرعان ما تقدمت المجموعة في السلم الاداري للبحرية بعد ترقية بيكر الى أميرال ليقود بنهاية ١٩٤٢ وحدة جديدة سميت الاسطول العاشر ، مسئولة عن جميع الوحدات المضادة للغواصات .

وكلفت المجموعة بعد ذلك بجميع مسئوليات تسجيل وصيانة المعلومات من جميع وحدات الحرب المضادة للغواصات . وتم إنشاء نظام لمعالجة المعلومات يوميا باستخدام حاسب آلي من IBM، وتقديم ملخص لاجتماعات قيادات الاميرال كنج الصباحية . وكانت هذه هي المرة الأولى التي يتم فيها معالجة بيانات في غاية السرية بواسطة آلات حديثة ما زالت غامضة للعديد من الناس في ذلك الوقت . لذا ، فلقد وضع هذا النظام تحت حراسة مشددة وتم السماح لعدد قليل فقط من الرجال بدخول غرفة الحاسب . وقامت البحرية بتدريب رجالها على صيانة الحاسب بدلا من طاقم شركة IBM ومرة أخرى توضح هذه الخطوات التعارض بين تأكيد العسكريين على السرية وبين حاجة العلم للمعلومات والمعرفة .

وتطورت مجموعة بحوث العمليات في وحدة الحرب المضادة للغواصات لتصبح وحدة بحوث العمليات بالبحرية الأمريكية بكاملها . واضطلعت المجموعة بالعديد من الدراسات في المحيط الهادي فيما يتعلق بعمليات الغواصات ونشاط البحرية الجوي ، وأخيرا ، على جميع الأمور المتعلقة بعمليات القوات البحرية . وبنهاية الحرب ، كرم العديد من أعضاء المجموعة مثل فيليب مورس وبوب رينشرت ، فتلقوا أوسمة بالاضافة الى منح شهادات تقدير من رئيس الجمهورية لستة آخرين من أعضاء الفريق .

تطور بحث العمليات بعد الحرب :

مع نهاية الحرب كان العلماء في عجلة للرجوع الى أعمالهم المدنية السابقة بالجامعات والصناعة . وأصر مورس على أن تتم مرحلة الانتقال بصورة منظمة مسجلة لجميع الأنشطة السابقة ، وقام بتوجيه المجموعة الى اعداد تقارير وافية عن الأعمال التي أنجزت أثناء الحرب بالاضافة الى اختيار نواة من ذوي الخبرة من العاملين ببحوث العمليات للبقاء بالبحرية ، أصبحت فيما بعد الأساس لمجموعة تقويم عمليات البحرية الأمريكية . وبعودة مورس الى معهد ماساشوتش للتكنولوجيا MIT لاحظ زيادة الاهتمام بدراسات بحوث العمليات ، وتلقى العديد من الطلبات للاستشارات من الحكومة والصناعة . وقام بانشاء لجنة لبحوث العمليات ، كما نظم وشارك في تقديم العديد من

الدورات الصيفية القصيرة في بحوث العمليات . وتطورت لجنة بحوث العمليات لتصبح مركز بحوث العمليات في ذلك المعهد وظلت تحت رئاسته حتى ١٩٦٩ .

وعمل مورس مع زملائه لانشاء جمعية مهنية لبحوث العمليات هي الجمعية الأمريكية لبحوث العمليات Operations Research Society of America (ORSA) التي خرجت الى حيز الوجود برئاسته عام ١٩٥٢ ، وامتد اهتمامه ببحوث العمليات الى الحقل الدولي ليساعد في التحضير لأول مؤتمر دولي في بحوث العمليات ، ثم خلاله تكوين اتحاد الجمعيات الدولية لبحوث العمليات .

وللاسف فان السجلات التاريخية المتاحة لا تحتوي على أية معلومات دقيقة عن عدد العلماء العاملين في بحوث العمليات أثناء الحرب العالمية الثانية . الا أن هناك تقديرات متحفظة تشير الى أن هذا العدد تجاوز ٧٠٠ باحث في بريطانيا وأمريكا وكندا . واشتمل نشاطهم على العديد من الدراسات لتقييم النتائج التكتيكية والتخطيط الاستراتيجي واختيار البدائل في العمليات . بالاضافة الى ذلك ، رأى العديد من هؤلاء الباحثين في هذه التطورات العلمية أثناء وقت الحرب جرثومة لعلم جديد لنظم التشغيل وتطبيقاته لكثير من الأنشطة في وقت السلم . ولقد انطوى الكثير من دراسات بحوث العمليات أثناء الحرب العالمية الثانية على تبني وتطويع طرق ومنهجيات من العلوم الأخرى خاصة النماذج الرياضية ، ثم تطويرها مباشرة باستخدام وسائل التحليل ونظرية الاحتمالات والاحصاء . ولكن نظرية الاستكشاف Search Theory التي تم استنباطها بواسطة مجموعة بحوث العمليات بالبحرية الأمريكية تمثل استثناء ملحوظا من هذه القاعدة .

وبعد الحرب العالمية الثانية تم اكتشاف عدة ظواهر طبيعية وتطوير الكثير من النظريات لشرح هذه الظواهر لتشمل العديد من فروع بحوث العمليات ، منها على سبيل المثال لا الحصر ، البرمجة الرياضية ومراقبة المخزون ونظرية الانتظار والجدولة .

ممارسة بحوث العمليات

ولد علم بحوث العمليات ، كما رأينا ، لحاجة ملحة لحل مشاكل تشغيلية . وهكذا فقد قام العاملون في بحوث العمليات بأكثر من تطوير علم . انهم طبقوا أيضا ما اكتشفوه وما تعلموه في حل المشاكل . وخلال العقدين الثاني والثالث من تاريخها نمت أوساط العاملين في بحوث العمليات لتكبر وتتنوع ، مما استدعى ظهور بعض التخصصات النظرية للتصدي لتوفير الأسس اللازمة لتطور العلم بالاضافة الى الانشطة الهندسية المصاحبة لتطبيق نتائج أبحاث النظريين .

ولكن هذا الشق الهندسي لبحوث العمليات ينطوي على أكثر من تطبيق للمعرفة المطورة بالطريقة العلمية المألوفة ، لأنه يستخدم فنون الاختراع (لايجاد الترتيبات التي تعمل بالطرق المرغوبة) والتصميم لتجميع الاختراعات مع بعضها لتأدية المهمات المطلوبة أو لحل مشكلة هامة) بالاضافة الى فنون الاتصال والتفسير والتطبيق .

وفي بداية الأمر ، حجبت متطلبات السرية العسكرية الكثير من تفاصيل الدراسات التي تمت في زمن الحرب عن النشر العام لمدة طويلة . لكن العديد من هذه الأعمال نشرت في وقت لاحق . وبالمقابل ، فإن الكثير من ممارسات بحوث العمليات في الصناعة قد تغيبت عن الدوريات والمجلات العلمية نظرا لقيود مشابهة على النشر بواسطة المؤسسات المستفيدة من هذه الممارسات .

ولكن النشرات العلمية في بحوث العمليات ، وعلى الرغم من تحيزها نحو الاتجاه النظري لعدم وجود أية قيود على نشره ، تحتوي على عدة أمثلة جيدة لأعمال تطبيقية . ففي النشرات العلمية العديد من الأمثلة المبكرة لتطبيقات بحوث العمليات والتي تعتبر الآن من البحوث التقليدية ، نذكر منها دراسة ايدي Edie (1954) لمعدلات الرحلة والتأخر أثناء دفع رسوم المرور على بعض الطرق وتطبيقات بحوث العمليات في الزراعة لثورنثويت (1953) Thorntwaite والعمل الذي قدمه أوبريان وكرين O-Brien and Grane 1959 لجدولة خطوط الصنادل (Barges) ولكن ممارسة فنون الاختراع والتصميم لبحوث العمليات مازالت في مهدها خاصة في القطاع المدني ، في رأي كواد وبوشر Quade and Boucher (1968) أما في الأمور المهنية التي تتعلق بممارسة بحوث العمليات ، فقد أبدى الرواد اهتماما خاصا بهذا المجال ، ومنهم مورس وكيمبال Morse and Kimball (1946) وبلاكيت Blackett (1962) ، الذين ناقشوا اجتهاد خبراتهم أثناء الحرب على الوسائل المفضلة للشروع في القيام بدراسة بحوث عمليات ، مثل البيئة والظروف المحيطة والعلاقات التي تقوم مع مستخدمي النتائج التي يستخلصها . وهناك بعد هذا الكثير من النقاط الهامة التي لابد وأن تأخذ في الاعتبار عند القيام بممارسة بحوث العمليات ، على رأسها :

ـ أخلاقيات وحدود المهنة في التعامل مع المشاكل والمواقف المعروضة أمام باحث العمليات . فهناك العديد من المعايير المهنية المفترض اتباعها عند تناول دراسات بحوث العمليات . ومن أمثلة الخلاف الحاد المشهورة ذلك الذي احتدم بين علماء بحوث العمليات المشتركين في تقييم أنظمة القذائف المضادة للصواريخ مما دعا لتكوين لجنة خاصة في جمعية بحوث العمليات الأمريكية (ORSA) عام ١٩٦٩ للتحقيق في الأمر . وجاء في تقرير اللجنة نقلا عن اسامة الخولي (1986) : عندما يشترك المحلل في عملية خصومة (أو خلاف) فيجب أن يتصرف كداعية وأن يتوقع معاملته بهذه الصفة . وقواعد التصرف في عمليات الخصومة تختلف عنها في بحوث العمليات . فالأولى تسمح بالشهادة المتحيزة أو المنحرفة ، بينما توجه الثانية نحو التقويم الموضوعي . ونتيجة لهذا الموقف كونت جمعية بحوث العمليات الأمريكية (ORSA) لجنة لوضع الأسس لممارسة بحوث العمليات وأصدرت تقريرها Caywood et al الذي اعتمد على الخبرات المتراكمة أثناء الحرب والعقدين التاليين . ولقد قوبل هذا التقرير ببعض النقد عند اصداره الا أن مجتمع باحثي العمليات توصل الى أن الزمن فقط كفيل بتحديد فائدة التقرير في ممارسات بحوث العمليات .

ـ إن دراسات بحوث العمليات ، عند النظر الى شقيقها العلمي والهندسي ، تأخذ مجراها في أوضاع يرتبها المجتمع أو البيئة المحيطة . لذا فمن المهم لباحث العمليات أن يفهم سلوك المجتمع قبل اقتراح تغييرات فيه . حقيقة الأمر أن ممارسة بحوث العمليات جزء من سلوك النظام الذي نطلق عليه المجتمع .

ـ أهمية العلاقات بين مجموعات بحوث العمليات والهيئات المستفيدة من عملها ولقد درست هذه العلاقة باسهاب في (Randor and Neal 1973) لقد تركت بحوث العمليات بصمات واضحة على كفاءة ادارة العديد من الهيئات . وتستمر تطبيقات بحوث العمليات في النمو سواء في تنوعها أو في عددها . وباستثناء التقدم في الحاسبات الآلية ، فإن هذا النمو والتطور في بحوث العمليات وتطبيقاتها لايضاهيه أية تطورات أخرى حديثة ! فبعد نجاح بحوث العمليات أثناء الحرب العالمية الثانية ، استمر العسكريون البريطانيون والأمريكيون في الاعتماد على عدة مجموعات لبحوث العمليات على مستويات مختلفة من القيادات . ويوجد الآن عدد كبير من العاملين يطلق عليهم باحثو عمليات عسكرية ؛ يقومون بتطبيق بحوث العمليات على مشاكل الدفاع القومي ، مثل تخصيص الموارد «Resource Allocation» والتخطيط التكتيكي «Tactical Plannig» وتقييم نظم الأسلحة Weapon System «Evaluation» مستخدمين في ذلك بعض التقنيات التي تحتوي على أفكار متعمقة في الرياضيات والاقتصاد ونظرية الاحتمالات والاحصاء .

كما ينتشر استخدام بحوث العمليات حاليا في كثير من مؤسسات الصناعة والأعمال خاصة الكبرى منها والتي تحتوي على مجموعات كبيرة من العاملين . ومن بين هذه المؤسسات شركات صناعة الطائرات والصواريخ والسيارات والاتصالات والحاسبات الآلية والقوى الكهربائية والالكترونيات والأغذية والفلزات والمناجم والورق والنفط والنقل ، كما أن كثيرا من المؤسسات المالية والهيئات الحكومية والمستشفيات يزداد استخدامها لبحوث العمليات بمعدل سريع .

وعلى سبيل التحديد ، نقدم بعض المشاكل التي تم حلها باستخدام أحد فروع بحوث العمليات . فلقد استخدمت طرق البرمجة الخطية Linear Programming مثلا بنجاح في حل المشاكل التي تتناول خلط المواد وتخصيص الأعمال أو الأفراد والنقل والتوزيع وتخطيط الاستثمارات . كما طبقت البرمجة الديناميكية Dynamic Programming بنجاح لتخطيط برامج التسويق والاعلان وجدولة الانتاج وتحديد مستويات المخزون الأمثل . واستخدمت نظريات الانتظار Queueing Theory لتقدم حلولا للمشاكل المتعلقة بازدحام المرور ، صيانة الماكينات ، تحديد العدد المناسب من قنوات الخدمة ، جدولة المرور الجوي ، تصميم السدود ، جدولة الانتاج وعمليات المستشفيات . كما طبق أيضا العديد من طرق بحوث العمليات الأخرى مثل نظرية المخزون ونظرية المباراة والمحاكاة بنجاح في مجالات متنوعة . وفي مسح لمائة وسبعة من أكبر ٥٠٠ شركة من الشركات الصناعية بالولايات المتحدة الأمريكية يوضح تيربان Turban (1972) أن البرمجة الخطية والمحاكاة والتحليل الاحصائي تمثل أكثر وسائل بحوث العمليات شيوعا (جدول رقم ١) ، كما اظهر المسح أن أقسام بحوث العمليات تقع في المقار الرئيسية للشركات ، كما أن معظمها يتبع رئيس أو نائب رئيس أو مراقب Controller الشركة .

وفي مسح آخر عام ١٩٧٥ نشره ليدبيتر وكوكس Ledbetter and Cox (1977) عن استخدام طرق بحوث العمليات في ١٦٧ شركة من أكبر ٥٠٠ شركة ومقارنة لمعدل استخدام الشركات لسبع من طرق بحوث العمليات ، يؤكد المؤلفان مرة أخرى على أن البرمجة الخطية والتحليل الاحصائي والمحاكاة هي أكثر طرق بحوث العمليات استخداما .

وفي مسح آخر متخصص عن استخدام البرمجة الرياضية قام به فابوتزي وفالينتي Fabozzi and Valente (1976) لأكثر من ألف شركة بالولايات المتحدة (في نوفمبر ١٩٧٤) أشارت ١٨٤ شركة الى أن البرمجة الخطية تحتل المركز الأول في التطبيق خاصة في ادارة عمليات الانتاج (مثل تحديد نوعيات المنتج ، تخصيص الموارد ، وجدولة الآلات والأعمال) ويليها تخطيط الاستثمار والمال (تحديد ميزانيات رأس المال ، تحليل السيولة النقدية ، ادارة معاشات الموظفين ، إدارة النقد ، تحليل حالات الاندماج)

جدول رقم (١) : استخدام بحوث العمليات في الأنشطة الجارية في الشركات الصناعية بالولايات المتحدة الأمريكية (Turban ١٩٧٢)

فرع بحوث العمليات	عدد الدراسات	عدد مرات الاستخدام
التحليل الاحصائي Statistical Analysis	٦٣	٢٩
المحاكاة Simulation	٥٤	٢٥
البرمجة الخطية Linear Programming	٤١	١٩
نظرية المخزون Inventory Theory	١٣	٦
طريقة المسار الحرج CPM/PERT	١٣	٦
البرمجة الديناميكية Dynamic Programming	٩	٤
البرمجة البيزنطية Nonlinear Programming	٧	٣
علم الانتظار Queueing	٢	١
البرمجة الموجهة Heuristic Programming	٢	١
طرق متنوعة	١٣	٦
المجموع	٢١٧	١٠٠

بحوث العمليات كعلم :

لنبدأ بالتعرف على الاصطلاح الغامض « بحوث العمليات Operations Research » والذي خرج الى حيز الوجود أثناء الحرب العالمية الثانية وربما قدم هذا الاصطلاح وصفا مناسبا لما كان يتم عمله في هذا المجال كجزء من المجهود الحربي للحلفاء . وعلى الرغم من اتساع نطاق دراسات بحوث العمليات وتنوعها لتشمل كثيرا من التطبيقات غير العسكرية الا أن الاصطلاح بقي ليستخدم في جميع التطبيقات . وهناك الكثير من المرادفات لاسم بحوث العمليات ، فيفضل البريطانيون الاشارة الى Operational Research وكثيرا مّا يستخدم الأمريكيون اصطلاح علم الادارة Management Science ولكن السؤال مازال في حاجة الى اجابة: ما هو تعريف بحوث العمليات ؟ هناك تعريفان أحدهما تبنته جمعية بحوث العمليات البريطانية وينص على أن :

« بحوث العمليات هي تطبيق الوسائل العلمية على المشاكل المعقدة المتعلقة بتوجيه وإدارة النظم الكبرى التي تضم القوى البشرية والآلات والمواد والأموال في هيئات الصناعة والأعمال بالإضافة الى المؤسسات الحكومية والعسكرية » . وتنطوي منهجية بحوث العمليات المميزة على تطوير نموذج علمي للنظام يحتوي على قياسات لكثير من العوامل مثل درجة التقريب في استشراف ومقارنة الاستراتيجيات والقرارات المتعددة والغرض هو تقديم المساندة الى الادارة في تحديد سياستها وأفعالها .

أما التعريف الآخر الذي قدمته جمعية بحوث العمليات الأمريكية فهو : « تهتم بحوث العمليات بالاختيار العلمي لأفضل تصميم وتشغيل لأنظمة الانسان ـ الآلة Man Machine System وفي ظروف تتطلب تخصيصا للموارد المحدودة » وعلى الرغم من أن كلا التعريفين يغيب عنه الشرح الدقيق لعلم بحوث العمليات ، إلا أن هذين التعريفين يميلان الى التأكيد على أن الحافز للقيام بدراسات بحوث العمليات هو مساندة صانعي القرار في التعامل مع المشاكل العلمية المعقدة . ويؤكد التعريفان على المنهجية بأنها « علمية » ولربما أمكن تقديم تعريف أوفق لبحوث العمليات يشير الى اعتمادها على النماذج Models حيث أن تطوير واستخدام النماذج يمثل اساس بحوث العمليات وجوهرها . والمقصود بالنموذج هنا هو تمثيل مبسط وتقريبي للواقع . وعادة ما يلجأ باحثو العمليات الى تطوير النماذج لتمثيل واقع النظام الخاضع للدراسة بدلا من التعامل مع الواقع مباشرة لعدة أسباب منها :

- توفير الكلفة أو الوقت .
- تفادي المخاطرة والتلاعب بواقع النظام .
- التخلص من التفاصيل والتعقيدات غير الضرورية للدراسة والتي غالبا ما توجد في البيئة العلمية .

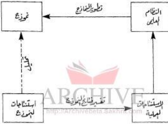
ويمكن تمثيل عملية النمذجة كما هو مبين في الايضاح المبسط بشكل (رقم ١) ويتناول الشكل الانتقال من الواقع العملي الى النموذج الذي يتم تحليله بهدف التوصل الى الاستنتاجات وتفسير هذه الاستنتاجات في ضوء خصائص النظام العملي ليتم تطبيقها في الواقع . ويتميز العديد من تطبيقات بحوث العمليات بعدة صفات منها :

★ تركيز اولي على مساندة عملية اتخاذ القرار .

★ تقويم يعتمد بالأساس على معايير اقتصادية فعالة حيث تقارن العديد من الخطوات الممكنة بناء على عدة قياسات اقتصادية مثل تكاليف التشغيل ، العائد ومعدل العائد على الاستثمار .

★ الاعتماد على نماذج الرياضيات لتحليل البيانات بطريقة سلسة وواضحة ، وبالتالي التأكيد على الحصول على نفس النتائج حتى مع اختلاف الوقت والشخص القائم بالدراسة .

★ الاعتماد على الحاسبات الآلية . وتمثل هذه الخاصية حاجة ضرورية عند تناول تطبيقات بحوث العمليات نظرا لصعوبة التعامل مع نماذج رياضيات معقدة ومتشابكة تستخدم كما هائلا من البيانات وتتطلب الكثير من العمليات الحسابية المضنية دون حاسبة مناسبة .



شكل رقم ١ : خطوات النمذجة في بحوث العمليات

★ المنهج العلمي

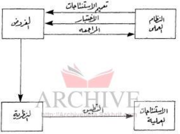
يهدف العلم الى فهم وشرح ما يجري على الطبيعة ، أي الظواهر الواقعية بما في ذلك ما يحدث بإيجاز من العناصر البشرية والآلية ، Man Machine Element ويبدأ العلم بتسجيل دقيق ومنظم للظاهرة الموضوعة تحت الدراسة . وتوجه هذه الحقائق الدارس الى تطوير النظريات التي تناسب هذه الحقائق وتقدم وصفا وشرحا منطقيا لها . وبالتالي يمكن تطويع وتوسيع نطاق هذه النظريات في حدود الواقع ، بما في ذلك استخدامها لحساب تقديرات مستقبلية وتحت ظروف جديدة ، ثم يتم التحقق من صحة هذه النظريات بمقارنة للملاحظات الجديدة بالظاهرة الواقعية . وفي حالة تطابق النظرية مع الواقع يتأكد الباحث من صلاحية نظريته فيمكنه بذلك استخدامها لدراسة ومعرفة خصائص النظام الواقعي . ومن ناحية أخرى ، فعند وجود اختلاف بين النظرية والواقع لابد أن يقوم الباحث بتعديل نظريته وتحسينها ، أو تطوير نظرية أخرى جديدة تتناسب مع هذا الواقع . ويلخص كيميني هذه العملية كالآتي :

كما أكد اينشتين عدة مرات ، لابد وأن يبدأ العلم بالحقائق وينتهي الى الحقائق ، بغض النظر عن الهيكل النظري الذي يتم بناؤه من البداية الى النهاية . فالباحث هو مراقب يحاول تقديم وصف كامل وتام لما يراه ولما يتوقع أن يراه في المستقبل . وبالتالي يقوم بالاستشراف على أساس نظرياته التي يتحقق من دقتها بمقارنتها بالحقائق مرة أخرى .

ومن أهم خصائص المنهج العلمي أنه ذو طبيعة تكرارية يتم من خلالها التوصل الى نظريات تمثل الواقع . وتتطابق جميع فروع العلوم في استخدامها لنفس المنهج ، بينما يتميز فرع عن الآخر بانفراده بحدود وطبيعة المجال الخاضع للدراسة . فمثلا ، يتطرق عالم الفلك الى البحث في مجال حركة الكواكب والنجوم بينما الجيولوجي ظواهر التغير في الطبقات الأرضية .

أما بحوث العمليات فهي تستخدم المنهج العلمي لفهم وشرح ظواهر التغير في مجال نظم التشغيل Operating Systems . ويسجل علم بحوث العمليات ظواهر هذه النظم ويطور نظريات أو نماذج هذه الظواهر ثم يستخدم هذه النظريات لشرح وتقدير ما يحدث تحت ظروف متغيرة ، ثم يتحقق من دقة هذه التقديرات بمقارنتها بملاحظات ميدانية جديدة ، وهلم جرا . وبالتالي فان بحوث العمليات هي فرع من فروع العلم لأنها توظف المنهج العلمي لتوفير أسس المعرفة المطلوبة لها ، كما أنها تتميز عن باقي فروع العلم بدراسة ظواهر نظم التشغيل وهو ما لم تتناوله فروع العلوم الأخرى .

ولتوضيح الفارق بين استخدام بحوث العمليات وفروع العلوم الطبيعية الأخرى للمنهج العلمي . يلاحظ في الشكل رقم (٢) أن الخطوة الأولى في الاسلوب العلمي تنطوي على تطوير الفروض ، والتي عادة ما يتم الوصول اليها بالاستنباط بعد فترة من المراقبة . وفي هذه المرحلة يتم تصميم تجربة لاختبار صحة هذه الفروض ، ثم يجري تعديل الفروض اذا تعارضت مع نتائج التجربة . وتتكرر التجربة لاختبار الفروض المعدلة ، وهكذا حتى يتم التحقق من صحة الفروض وبالتالي تصبح لدينا نظرية . وبالمقارنة بعملية النمذجة نجد أن النماذج « تخترع » بينما



شكل رقم ٢ : الاسلوب العلمي

النظريات تكتشف . النظريات لا بد من اثباتها وهو ما يستحيل عمله في النهاذج . فالنمذجة في تطبيقات بحوث العمليات تركز على تطوير العديد من الطرق الرياضية التي تناسب الواقع العملي ،دون الاعتماد على نظريات مثبتة . لذا فإن الاثبات الاساسي لقدرة نموذج بحوث العمليات يعتمد على خصائص ومدى تطابق وصفه مع الواقع ودرجة تقبل الحلول الناتجة منه في المجال العلمي .

إن الاستعانة ببحوث العمليات توضح مدى الاعتقاد بفوائد المنهجية العلمية المنطقية والمنظمة في مساندة عملية اتخاذ القرار . وبالطبع فليس هناك شك في مدى الاستفادة من تطبيق المنهج العلمي في دراسة العديد من الموضوعات الاخرى ، مثل دراسة الظواهر الطبيعية أو التفاعلات الكيميائية . لذا فمن المدهش في عصرنا الحديث أن تظهر الحاجة الى توضيح جدوى العلم ، وبحوث العمليات هي علم . ونظرا لصعوبة القيام بتجربة علمية معملية لاختبار ميزة وجدوى حلول بحوث العمليات ، فإن هناك عدة أسباب تحث الادارة على ادراك ميزة وجدوى المنهجية العلمية في مساندة عملية اتخاذ القرارات ، منها :

★ الاقتناع التام بجدوى المنهج العلمي في مساندة عملية اتخاذ القرار لايعني بالضرورة تقبل نتائج جميع دراسات بحوث العمليات .

★ الثقة الكاملة في العلم لاتعني الابتعاد عن التفكير المنطقي والأحاسيس الداخلية لمتخذ القرار . والواقع أن التاريخ يبين أن الكثير من النظريات والظواهر العلمية تم اكتشافها بالصدفة المحضة أو الأحاسيس ، بل وحتى الأحلام . والسؤال ليس متى نطبق العلم ومتى نلجأ الى متخذي القرار ، بل كيف يمكن دمج الاثنين لتحقيق أقصى فعالية ممكنة .

★ ان عدم امكانية تكرار المواقف (فالتاريخ لايعيد نفسه) والتي تزيد من صعوبة تحديد مدى التحسن الناتج من تطبيق حل مقترح ليست مقصورة على بحوث العمليات فقط ولكنها موجودة في كثير من العلوم الأخرى .

ولتقريب مفهوم علم بحوث العمليات الى ذهن القاريء نقدم عدة أمثلة لأهم أساليبه وتطبيقاتها في مشاكل واقعية في مجالات النقل والصناعة والزراعة والصيانة. وتتركز هذه الأساليب في نماذج البرمجة الرياضية، وخاصة طرق البرمجة الخطية، البرمجة الديناميكية، ونظرية خطوط الانتظار، ونقدم فيما يلي وصفا مختصرا لبعض هذه الأمثلة:

★ البرمجة الخطية ومشاكل تلوث الهواء

يواجه أحد منتجي الصلب مشكلة تتعلق بمستوى الملوثات الناتجة من عملية التصنيع. وتفرض مواصفات قياسية جديدة على الشركة تخفيض كمية الملوثات المنبعثة من المصنع من أكسيد الكبريت والكربوهيدرات وبعض مواد أخرى تنتج من مصانعها. وهناك مصدران رئيسان للملوثات في تصنيع الصلب، هما: أفران الصهر لتصنيع كتل الحديد Blast Furnances وأفران التحويل Open Health Furnaces لانتاج الصلب من الحديد. وأكثر طرق تقليل الملوثات فعالية في كلا المصدرين هي :

(١) زيادة ارتفاع أماكن خروج الدخان.

(٢) استخدام مرشحات لتنقية الدخان.

(٣) الاستعانة بنوعيات أعلى وأنظف كوقود للأفران. ولكل من هذه الطرق مدى فعالية في تقليل الملوثات. ولكن يمكن استخدام اي منها بنسبة ما في حدود هذه الفعالية في تقليل الملوثات. وبناء على نتائج تحليل الكلفة يمكن الحصول على الكلفة السنوية لاستخدام كل طريقة في أفران الصهر وأفران التحويل بالاضافة الى مدى فعالية استخدام كل طريقة (مع اعتبار ان الكلفة عند مستويات اقل من سعة كل طريقة تتناسب مع نسبة استعمال السعة). ولقد تم استخدام البرمجة الخطية في حل مشكلة الملوثات باستخدام دالة الهدف Objective Function ، القيود Constraints ، المتغيرات Variables . ونظرا لان البرمجة الخطية تعتبر من اكثر طرق بحوث العمليات تطورا واستخداما نقدم للقارىء شرحا مبسطا ومختصرا لمكونات نموذج البرمجة الخطية (بالملحق رقم ١) وبالرجوع الى عناصر نموذج البرمجة الخطية لحل مشكلة تلوث الهواء نجد أنها تتكون من الآتي :

★ دالة الهدف : هي تقليل الكلفة السنوية الكلية لتقليل كمية الملوثات باستخدام الطرق الثلاثة لمعالجة الملوثات.

★ القيود : هي

- مستوى الملوثات المطلوب بالمواصفات القياسية الجديدة.
- سعة كل طريقة من طرق تقليل الملوثات لافران الصهر والتحويل.
- علاقة مستوى الملوثات بالانتاج لافران الصهر والتحويل.
- المتغيرات : هي
- نسبة استخدام كل طريقة من طرق معالجة وتقليل الملوثات بكل فرن.
- مستوى الملوثات الناتجة لاستخدام كل طريقة من طرق المعالجة.

ويحل هذا النموذج باستخدام طرق البرمجة الخطية المعروفة بـ (Simplex Method)[1] ثم الوصول الى الخطة المثلى الأقل كلفة للوفاء بمتطلبات المواصفات القياسية لمستويات الملوثات . وتتكون هذه الخطة من تحديد نوع ونسبة استخدام كل طريقة من طرق معالجة وتقليل مستوى الملوثات في كل من أفران الصهر والتحويل .

وتتميز طرق البرمجة الخطية بأنها قابلة للحل دائما حتى للنماذج الكبيرة التي تحتوي على آلاف من المتغيرات والقيود وهي واحدة من أكثر طرق بحوث العمليات شيوعا في العديد من المجالات .

★ نماذج نقل المنتجات : Transportation of Products تقوم احدى الشركات بتغليف وتعليب البازلاء . وتتم عملية التحضير والتعليب في وحدات صناعية متعددة في مواقع متباينة وبعيدة كل البعد عن مستودعات التخزين كما هو مبين بالشكل رقم ٣ وتستخدم الشاحنات في نقل هذه المعلبات الى مستودعات التخزين . الا أن ادارة الشركة

---

(١) يمكن للقارىء الرجوع الى Taha, (1982) للاطلاع على تفاصيل البرمجة الخطية وطرق حلها .

لاحظت ان كلفة النقل تمثل مصدر صرف رئيسي ، ولذا قررت القيام بدراسة لتحديد للمسارات والكميات المثلى (أي التي تحقق أقل كلفة) التي تنقل من كل وحدة تعبئة وكل مستودع . ولقد تم تقدير كمية الانتاج لكل وحدة تعبئة والكميات المطلوبة لكل مستودع لموسم الانتاج القادم ، كما قدرت أيضا كلفة النقل لشحنة من البازلاء لكل مسار من وحدة تعبئة الى مستودع تخزين أو توزيع . وباستخدام هذه البيانات تم تحديد التعيين الأمثل للشحنات لكل مسار مع مراعاة سعة الانتاج لكل وحدة تعبئة والطلب على المعلبات بكل مستودع . وأود أن أنوه هنا الى أن نماذج نقل المنتجات تعتبر نوعا خاصا من نماذج البرمجة الخطية .

★ نماذج البرمجة الديناميكية وتخصيص الأعمال بالورش : «Dynamic Programming Job--shop Assignments»

تتناول نماذج البرمجة الديناميكية اتخاذ قرارات متتابعة ومترابطة . ونوضحها هنا بشرح مبسط لتطبيقها في توزيع الأعمال على ماكينات التشغيل وعمالها بالورش مع الأخذ بالاعتبار التباين الموسمي لمستوى الطلب على انجاز الأعمال . ونظرا لصعوبة تعيين مشغلي ماكينات جدد وارتفاع كلفة تدريبهم ، فان مدير الورشة متردد في فصل العمالة الزائدة أثناء موسم تدني الطلب على الأعمال كما يصعب عليه الاستمرار في تحمل أقصى مستوى لمرتبات العمالة في الوقت الذي تنتفي فيه الحاجة الى بعضهم . بالاضافة الى ذلك ، فهو ضد العمل في أوقات اضافية بصفة منتظمة . وحيث ان جميع الأعمال وتوعيتها يتم انجازها بالطلب فليس في الامكان استخدام المخزون لسد الاحتياجات الموسمية . وعليه فقد واجه مدير الورشة مشكلة فيما يتعلق بسياسة العمالة ومستوياتها ، مع العلم بأن تقديرات احتياجات العمالة أثناء فصول السنة الأربعة متوفرة للسنوات القادمة . وتمثل هذه التقديرات أدنى مستويات مقبولة للعمالة أثناء هذه الفصول ، كما أن أي زيادة فوق هذه المستويات تمثل هدرا للموارد . وبالطبع فان المرتبات وكلفة كل من التعيين والفصل معروفة ، وبافتراض أن مستويات العمالة الجزئية مقبولة خاصة عند الأخذ في الاعتبار تعيين بعض العمالة لجزء من الوقت فيمكن تحديد المستويات المثلى للعمالة بما في ذلك التعيين والفصل أثناء كل موسم بأقل كلفة كلية للعمالة . ويتكون نموذج البرمجة الديناميكية من المعادلة الوظيفية « لدالة الهدف » Functional Equation و « مراحل القرار » Stages و « متغير الحالة » State Varaible و « متغيرات القرار » Decision Variables ومعادلة الربط بين كل مرحلة Transformation equation وفيما يلي وصف مبسط لمكونات النموذج المستخدم في حل مشكلة العمالة موضح في الشكل رقم ٤ :

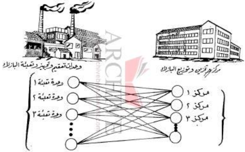
- مراحل القرار : فصول السنة لعدة سنوات .

- متغير الحالة : مستويات العمالة في كل فصل من فصول السنة .

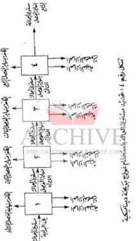
- متغيرات القرار : العمالة المعينة ، العمالة المفصولة في كل فصل .

- للمعادلة الوظيفية لدالة الهدف : الكلفة بناء على قيمة متغير الحالة في كل مرحلة وتمثل المعادلة الوظيفية للمرحلة الأخيرة الكلفة الكلية للعمالة .

- معادلة الربط : التغير في مستوى العمالة بفعل ما بناء على هذا المستوى في الفصل السابق .



شكل رقم ٣ : نظام النقل بين وحدات تعبئة ومراكز تخزين وتوزيع البازلاء



وتتميز نماذج البرمجة الديناميكية بتطابقها مع طرق عمل الادارة نظرا لتعاملها مع اتخاذ القرار على مراحل الوقت وهو ما يواجهنا في تناول العديد من المشاكل العملية . الا أن هذه النماذج تتطلب عددا هائلا من العمليات الحسابية وبالتالي تأخذ الكثير من الوقت وتحتاج لسعات تخزين عالية على الحاسبات الآلية . وهكذا ، فان حجم نماذج البرمجة الديناميكية التي يمكن التعامل معها وحلها على الحاسبات الآلية يعتبر محدودا خاصة عندما يحتوي النموذج على عدد كبير من متغيرات الحالة[٢]

★ نماذج خطوط الانتظار وحجم فرق الاصلاح : Queueing Theory and Repair Men. تستخدم شركة عشر آلات متماثلة في مصنعها . ولكن نظرا لأن هذه الآلات غالبا ما تتعطل وتتطلب الاصلاح ، فان الشركة لديها عمال لتشغيل ثماني آلات فقط بينما تحتفظ بالاثنين الآخرين كاحتياطي للاستخدام عند توقف احدى الماكينات الثمانية . وبناء عليه فان الآلات الثمانية تعمل دائما طالما لا يزيد عدد الماكينات التي تنتظر الاصلاح عن ماكينتين . وبالمقابل فان عدد الماكينات على « دالة توزيع الاحتمالات « Probability Distribution Function لوقت حدوث الأعطال بالاضافة الى دالة توزيع الاحتمالات للوقت اللازم لاصلاح الماكينات المتوقفة من بيانات التشغيل السابقة . وبما أن الشركة لديها رجل صيانة واصلاح واحد فلقد لوحظ انخفاض الانتاجية نظرا لأن عدد الماكينات المشتغلة يقل عن ثمانية . وبناء عليه قررت الشركة النظر في تعيين رجل صيانة اضافي حتى يمكن اصلاح ماكينتين في الوقت نفسه . وتم عمل دراسة لنظام خط الانتظار حيث اعتبر عمال الصيانة كمحطات الخدمة والماكينات تمثل الوحدات المنتظرة للخدمة بهدف اختيار الحجم الأمثل لفريق الصيانة . ويقدم الشكل رقم ٥ وصفا مبسطا لنظام خط الانتظار لتحديد حجم فريق الصيانة . ولقد اعتمدت هذه الدراسة على كلفة كل عامل إصلاح بالاضافة الى كلفة تعطل الآلات .

أما نماذج خطوط الانتظار (Taha 1980) فتتكون من توقيت عملية الوصول الى محطات الخدمة وعدد محطات الخدمة (متوالية أو متوازية) بالاضافة الى وقت الخدمة . وعادة ما تكون توقيتات الوصول والخدمة عشوائية وتخضع في تغيرها لدالة توزيع الاحتمالات . وتنطوي نماذج خطوط الانتظار على تطوير معادلات تفارقية Difference equations لحساب التغير في وضع النظام بين فترة وأخرى . ويتم تطوير هذه المعادلات على أسس عملية التوالد والفناء Birth & Death Process وأود أن أنوه هنا الى أن هذه المعادلات عادة ما تزداد تعقيدا وبسرعة خاصة عند نمذجة مواقف عملية مما يزيد من صعوبة حلها . لذا ، فكثيرا ما يلجأ بعض باحثي العمليات الى استخدام طرق المحاكاة[٣] لتحليل هذه المعادلات بدلا من الاعتماد التام على حلها التحليلي .

★ بحوث العمليات في الخدمات الاجتماعية

بالاضافة الى تطبيقات بحوث العمليات في المجالات العسكرية والصناعية والزراعية تعددت استخدامات بحوث العمليات في كثير من الخدمات الاجتماعية مثل الخدمات الصحية والتعليمية وجمع ومعالجة النفايات ومياه

---

(٢) Moder & Elmaghraby, 1975

(٣) Hillier and Lieberman, 1980

الصرف الصحي وفي تخطيط وتشغيل المنشآت السياحية والترفيهية والرياضية بالاضافة الى بعض الاستخدامات في مجال تقسيم المناطق الى دوائر انتخابية وتخصيص عدد النواب والناخبين بكل دائرة .

وهناك العديد من دراسات بحوث العمليات لتخطيط القوى العاملة سواء على المستوى القومي أو على مستوى احدى المنشآت .

ونقدم أدناه بعض الأمثلة التي توضح جزءا من تطبيقات بحوث العمليات في مجال التعليم والصحة .

★ **بحوث العمليات في التعليم** : قدمت بحوث العمليات مساهمات عديدة في تحليل طرق عمل المنشآت التعليمية بما في ذلك التخطيط وتخصيص الموارد والتقييم والجدولة واستخدمت نماذج برمجة الرياضيات والمحاكاة والشبكات Networks والتحليل الاحصائي White (1987) وعلى سبيل المثال يقدم Gosselin Turcbon (1986) نموذج برمجة خطية لتخصيص قاعات الدراسة بين المواد الدراسية والطلبات الخاصة . ويشير المؤلفان الى أن النموذج قد أثبت كفاءته وسرعة وسهولة تطبيقه وتعتمد الدراسة على تجميع القاعات حسب نوعها وكذلك تصنيف الطلبات بناء على الحجم المطلوب . ثم يحدد نموذج البرمجة الخطية عدد الطلبات التي يمكن تخصيص قاعات لها . كما استخدمت بحوث العمليات في مجال التعليم على المستوى القومي سواء في تخطيط المنشآت التعليمية وتخصيص الموارد بناء على احتياجات سوق العمالة كما يقدم Belinsky & Reisman (1972) في مقالها الذي يتعلق بتطوير نماذج انسياب القوى البشرية والتي تتبع القوى البشرية خلال قطاعات التعليم بمراحله والتوظيف بهدف تقليل الكلفة الناتجة من النقص أو الزيادة في العرض من القوى البشرية المدربة في كل المجالات .

★ **بحوث العمليات والرعاية الصحية** : يمكن وصف الرعاية الصحية بأنها عملية تنطوي على متابعة الحالة الصحية لفرد ما لتشخيص أية انحرافات أو عدم توازن في هذه الحالة ثم اتخاذ القرار باستخدام موارد الرعاية الصحية المتاحة لاعادة المريض الى أقرب ما يمكن الى حالته الصحية الأصلية التي يسمح بها نوع المرض والموارد الصحية المتاحة (Fetter 1975) يتضح من هذا الوصف أن الفرد والموارد يمثلان أساس نظم الرعاية الصحية . ويمكن النظر الى تطبيقات بحوث العمليات في الرعاية الصحية على مستويين . لقد تركزت معظم التطبيقات الأولية على الدراسات التحليلية داخل المنشأة الصحية ، والتي هي عادة المستشفى (Bailey 1957) وهناك العديد من الأمثلة التي تتعلق بجدولة علاج المرضى بالعيادات الخارجية ، تحديد الطرق المناسبة لمراقبة المخزون من المفروشات والأدوية والمستهلكات الأخرى وتطوير سياسات تشغيل بنوك الدم ، تحليل معدل استخدام منشأة العلاج الداخلي للمرضى ، ودراسات الفعاليات النسبية للطرق المختلفة لتوصيل خدمات صحية معينة .

وحديثا ، تم القيام بعدة دراسات على المستوى التحليلي القومي للنظام الصحي باستخدام طرق الرعاية الصحية ، ودراسات تخطيط القوى البشرية وضبط النوعية في مجال الرعاية الصحية . ومن أمثلة تطبيق بحوث العمليات على مستوى القطاع الصحي هي الدراسة التي قام بها Fetter & Mills (1973) حيث قاما بتطوير نموذج لتخطيط توصيل الرعاية الصحية ودراسة لتحديد العدد الأمثل لغرفة العمليات Golden and Knappenberger (1968)



شكل رقم ٥ : تمثيل نظام الانتظار لاصلاح الآلات

تنوعت أساليب بحوث العمليات التي استخدمت في هذه الدراسات وغيرها في مجال الرعاية الصحية منها المحاكاة والبرمجة الخطية ونماذج خطوط الانتظار ويمكن للقارىء الرجوع الى (Fetter 1975) للاطلاع على تفاصيل أكثر فيما يتعلق بتطبيقات بحوث العمليات في الرعاية الصحية .

ولعل هذه الأمثلة قد أوضحت مضمون « علم بحوث العمليات » ألا وهو تطبيق المنهج العلمي (في مجال تحليل نظم التشغيل) الذي يمثل ما تستخدمه فروع العلوم الأخرى في مجالات مثل دراسة خصائص التربة الزراعية وأثر العوامل الجوية على معدلات النمو في مجال علم النبات .

★ النمو في بحوث العمليات

على الرغم من أن بحوث العمليات بدأت ، كما أسلفنا ، في المجال العسكري الا أن مركز الثقل لاهتمامات العاملين في بحوث العمليات انتقل بوضوح بعيدا عن التطبيقات العسكرية بحلول عام ١٩٥٥ . واتضح بعد عام ١٩٥٤ النمو المطرد في مجموعة من العاملين المهتمين بعلوم الادارة Management Science ، وهو تخصص يختلف هامشيا عن بحوث العمليات . وبنهاية عام ١٩٥٥ قام فيليب مورس بمسح شامل لأوضاع بحوث العمليات ووجه الانظار الى ضرورة زيادة الاهتمام بالنظريات الأساسية والتجارب التشغيلية بالاضافة الى تدريب عاملين جدد في حقل بحوث العمليات .

وهكذا ازدادت الدراسات النظرية بصورة ملحوظة خلال العقود الثلاثة الماضية . ولكن ما زال هناك نقص وتشتت واضحان في الأعمال الخاصة بالتجارب التشغيلية . ولقد استمر التوسع في بحوث العمليات في السنوات الأخيرة ليغطي مجالات جديدة في كثير من فروع الخدمات المدنية الحكومية ، مثل محاكم الجنايات والنقل والاسكان ومشاكل التخطيط الحضري والعناية الصحية والتعليم والخدمات الاجتماعية . وعلى سبيل المثال تم استحداث معهدين للتخطيط الحضري أحدهما في Rand Institute أصبح له باع طويل في بحوث العمليات للتخطيط الحضري ومشاكل تطوير المدن .

إن نظرة عميقة في أوضاع بحوث العمليات حاليا تكشف عن أن هناك العديد من الاتجاهات ، بعضها متوافق والآخر متعارض ، فمن جهة ، هناك انجازات ضخمة في مجال التطورات النظرية وتطبيقاتها في العقود الثلاث الماضية بما يدعو للفخر والانتباه المهني خاصة في البرامج الأكاديمية ، وعلى الجانب الآخر ، هناك نقد واضح لتقصير بعض العاملين ببحوث العمليات في الاهتمام بالتطبيقات وبالآثار الناتجة من هذه التطبيقات ومحاولة بعضهم وضع المشاكل العملية في قالب نماذج بحوث عمليات معينة لا تتناسب بالضرورة مع احتياجات معالجة هذه المشاكل . الا أن تطور قدرات الحاسبات الآلية خاصة الـ Supercomputer قد شجع العاملين في بحوث العمليات على التمثيل الدقيق والواقعي للمشاكل العملية حتى لو نتجت عن هذا نماذج كبيرة ومعقدة . بالاضافة الى ذلك ، فان التطور الملحوظ في مجال « النظم القائمة على المعرفة » Knowledge—based system وطرق « الذكاء الصناعي » Artificial Intelligence قد ساهم ، وما زال ، مساهمة فعالة في حل العديد من نماذج بحوث العمليات الكبيرة والمعقدة لتقترب كثيرا من الواقع .

ويتوقع أن تستمر الدفعة القوية نحو تطوير النظريات والنماذج ، ولكن مع تعزيز أكثر لواقعية هذه النظريات والنماذج وقابليتها للتطبيق العملي . وينطوي هذا على الاهتمام بطرق جمع المعلومات من البيئة واختبار النظم العاملة . ثم ان التطورات الكبيرة في مجال علوم الحاسب خاصة في مجالات المعالجات المتوازية Parallel Processing أو الذكاء الاصطناعي ستؤدي الى تغيير شامل وإيجابي في طريقة التعامل مع نماذج بحوث العمليات ، سواء من ناحية هيكلها ومحتوياتها الرياضية أو من ناحية طرق الحل . فمن المتوقع أن تؤدي القدرات الحسابية الهائلة من حيث السعة أو السرعة الى السماح بزيادة درجة تعقيد النماذج وحجمها ، مما يفتح آفاقا جديدة في تطبيقات بحوث العمليات . بالاضافة الى ذلك ، فان التطور الملحوظ في نظم الذكاء الاصطناعي سيمكن باحثي العمليات من معالجة المواقف والمشاكل العملية ذات التركيب غير المنتظم Ill—Structured لذا ، فمن المتوقع أن يتزايد التلاحم بين هذين المجالين بهدف التكامل لفائدة كل منهما . لقد ركزت بحوث العمليات على تمثيل الواقع على شكل نماذج افتراض وجود سلوك معين ومنتظم للواقع ، وهنا تكمن مساهمة نظم أسس المعلومات في تطوير وحل نماذج بحوث العمليات . وعلى الرغم من التطور الهائل في تحليل النظم في المجال العسكري ، الا أن هناك قصورا في استخدام طرق تحليل النظم في المجال المدني . لذا ، فان الأعوام القادمة ستشهد توسعا ونموا في تحليل النظم المدنية بهدف الاقتراب من الواقع . وسيتجه باحثو العمليات الى الاستعانة بالنظريات العامة للنظم لتحليل المواقف العملية قبل وضعها في نماذج بحوث العمليات . وأخيرا ، فستستمر بحوث العمليات في مجهوداتها المكثفة الحالية لفتح مجالات جديدة للاستكشاف والتطبيقات بناء على التطورات المتوقعة المذكورة أعلاه .

★ الجمعيات المهنية لبحوث العمليات

قام عدة علماء من الذين شاركوا في التطور الناجح لبحوث العمليات ببريطانيا أثناء الحرب العالمية الثانية بالاتفاق على تكوين نادي بحوث علمية بهدف تقديم اطار مستمر لتبادل الخبرات ومناقشة استخدامات بحوث العمليات في كثير من الصناعات والخدمات ، بما في ذلك الزراعة والقطن والصلب والأحذية والفحم والكهرباء وتربية الماشية والبناء والنقل . وأسس أعضاء ذلك النادي دورية بحوث العمليات الربع سنوية ، وظهر أول أعدادها في مارس ١٩٥٠ م وفي نوفمبر ١٩٥٣ م تحول النادي الى جمعية بحوث العمليات ينضم اليها العاملين في بحوث العمليات .

وفي نفس الوقت أنشأ مجلس البحوث القومي لجنة لبحوث العمليات عام ١٩٤٩ ، بغرض تعزيز الاهتمام ببحوث العمليات غير العسكرية . أصدرت اللجنة منشورا صغيرا واسع الانتشار بعنوان « بحوث العمليات مع اشارة خاصة الى التطبيقات غير العسكرية » . وبحلول مايو ١٩٥٢ ، عقد اجتماع تكونت فيه ـ كما أسلفنا ـ جمعية بحوث العمليات الامريكية برئاسة فيليب مورس ، وعقد المؤتمر الأول لبحوث العمليات في نوفمبر من نفس العام كما صدر العدد الاول من دورية بحوث العمليات . وأنشئت مجموعة أخرى بالولايات المتحدة تدعى معهد العلوم الادارية The Institute of management Science (TIMS) في عام ١٩٥٣ . وعلى الرغم من أن غالبية أعضائها من الولايات المتحدة الأمريكية الا أنها نشأت كجمعية دولية . وخرج العدد الأول من دوريتها العلمية في سبتمبر

١٩٥٤ . وتكون الاتحاد الدولي لجمعيات بحوث العمليات International Federation of Operational Research Societies (IFORS) في يناير ١٩٥٩ ، من الجمعيات الثلاث الامريكية والبريطانية والفرنسية ومنذ عام ١٩٥٩ حتى اليوم ، أنشئت أكثر من ٢٠ جمعية قطرية لبحوث العمليات . وعلى الرغم من أن جمعية بحوث العلماء الامريكية جمعية قطرية الا أنها تحتوي على أعضاء من أكثر من ٧٠ دولة . ويصعب تحديد عدد الباحثين العاملين ببحوث العمليات بدقة الا أن سجلات عضوية الـIFORS تشير الى أن هناك ما يزيد عن ٣٥٠٠٠ عضو .

★ الدوريات العلمية

تعتبر الدورية العلمية البريطانية Operational Research Quarterly أول النشرات العلمية في مجال بحوث العمليات ، تبعتها دوريتان أمريكيتان عام ١٩٥٤ . وظهرت دوريتان ، احداهما فرنسية والأخرى ألمانية ، عام ١٩٥٦ ، وظهر معظم هذه الدوريات في الفترة ما بين ١٩٥٥ - ١٩٦٥ . كما تم أيضا تأسيس دورية دولية تلخص مقالات بحوث العمليات من جميع أنحاء العالم ، تدعى الملخصات الدولية لبحوث العمليات (International Abstracts in Operations Research) (IAOR)) .

★ بحوث العمليات في التعليم

لقد كان من المألوف في سنوات ما بعد الحرب العالمية الثانية للعاملين ذوي الخبرة في بحوث العمليات أن ينظروا الى مجال تخصصهم على أنه غير قابل للاستفادة من برنامج موسع للتعليم والتدريب بل المطلوب هو الخبرة في عمل البحوث في أحد العلوم الأخرى المعروفة . ولكن بداية عام ١٩٥٥ شهدت تنظيم دورات تدريبية قصيرة في العديد من الدول ، تبعتها برامج تعليمية أكاديمية في عدة جامعات . ويشير تقرير لجمعية بحوث العمليات بأمريكا صدر عام ١٩٧٣ الى أن هناك أكثر من ٥٣ برنامج دراسي في بحوث العمليات بأمريكا ، بالاضافة الى الدول الأخرى التي أظهرت نموا مشابها في برامج دراسة بحوث العمليات .

★ بحوث العمليات في العالم العربي

يصعب علينا تناول تطور بحوث العمليات في العالم العربي بالتفصيل نظرا لعدم توثيق مثل هذا التطور . ونعتمد في هذا العرض السريع على المعلومات المتوفرة لدى بعض المتصلين ببحوث العمليات في العالم العربي في شأن التطورات الرئيسية لبحوث العمليات ببعض الدول العربية .

على الرغم من تطور بحوث العمليات دوليا بشكل ملحوظ الا أن العالم العربي لم يلحق بالركب الا متأخرا ، وذلك باستثناء بعض الدراسات الأولية بمعهد التخطيط القومي ومعهد الادارة العليا بالقاهرة في نهاية الخمسينات باستخدام نماذج برمجة رياضية في التخطيط الاقتصادي والصناعي . وفي صيف عام ١٩٧٢ وجهت الدعوة لمجموعة من العلماء الأمريكيين من أصل عربي منهم صلاح الدين المغربي وحمدي طه وسعيد عاشور وتوماس ساعاتي لالقاء سلسلة من المحاضرات بمعهد الدراسات الاحصائية التابع لجامعة القاهرة كما قاموا بالعديد من الاستشارات لعدة

صناعات مصرية في بحوث العمليات . وأعطى نشاط هذه المجموعة دفعة قوية وأثار اهتماما كبيرا لبحوث العمليات بمصر نتج عنها انشاء أول جمعية مصرية لبحوث العمليات . وفي بداية السبعينات أدخلت مبادىء بحوث العمليات في بعض البرامج الدراسية بكليات الهندسة والتجارة بالجامعات المصرية .

وانتشرت دراسات بحوث العمليات في العديد من الصناعات والهيئات المصرية كما أن هناك العديد من الدراسات لبحوث العمليات بالقوات المسلحة المصرية ولكننا لا نملك الا القليل من المعلومات عن نوعية وجدوى هذه الدراسات نظرا لعوامل السرية (Machol'1981) . وبافتتاح العديد من أقسام الهندسة الصناعية بكليات الهندسة بالدول العربية ، بما في ذلك مصر والسعودية وليبيا ، وحديثا الأردن (عام ١٩٨٨) والكويت (بحلول عام ١٩٩٠) انتشرت برامج بحوث العمليات الدراسية بالجامعات العربية . وفي مجال التطبيقات فلقد تم الاستعانة ببحوث العمليات وخاصة نماذج البرمجة الخطية في شركات النفط بالدول العربية في بداية الستينات . وتجدر الاشارة هنا الى دراسات بحوث العمليات التطبيقية التي تجري منذ أوائل الثمانينات في معهد الكويت للأبحاث العلمية لتشمل تطبيق نماذج البرمجة الرياضية على العديد من المشاكل الصناعية ونظم الخدمات والانتاج الزراعي بالاضافة الى نماذج المحاكاة في كثير من المجالات الزراعية والصناعية والاقتصادية .

الدروس المستفادة من تطور بحوث العمليات :

عند استشفاف الدروس المستفادة من تطور بحوث العمليات يجدر بنا التمعن في احداث الحرب العالمية الثانية بدول الحلفاء وما تبعها من تطورات بالحقل المدني . ونستنتج فيما يلي بعض هذه الدروس ، نوجزها فيما يلي :

★ تؤدي أوقات الشدة الى تضافر جهود المخلصين على الرغم من تباين خلفياتهم العلمية ومجالات عملهم سواء في الحقل العسكري أو المدني . فلقد لجأ العسكريون الى الاستعانة بالقدرات العلمية الوطنية للمساعدة في التصدي لتهديدات الأعداء .

★ تمثل الهيئات العسكرية أحد عوامل الدفع الهامة نحو التطور والتقدم العلمي نظرا لتعاملها مع متطلبات الأمن القومي وما يتبعه من جدية ونظام وتمويل توفر المناخ المناسب للبحث العلمي .

★ لا بد وأن تكون هناك فئة من العلماء المخلصين الذين يأخذون على عاتقهم تطوير علم ما وحمل الشعلة حتى يخرج هذا العلم الى حيز الوجود ويتطور على أسس متينة . فعلى الرغم من إنتهاء الحرب الا أن أوائل العاملين ببحوث العمليات بالجيوش الامريكية والبريطانية رأوا فيها نواة علم جديد ذي أهمية وفائدة لكثير من المجالات المدنية . وبدون اصرار هؤلاء الرواد على المضي في تطوير علم بحوث العمليات وتوثيقه وعرض خبراتهم على الآخرين لما تم وصول هذا العلم الى مرحلة البلوغ .

★ ضرورة وجود الانتماء الوطني والعلمي للعاملين ببحوث العمليات لخدمة وطنهم فبدون هذا الانتماء لما تمكن العلماء من التطوير والبحث . ونود أن نشير هنا الى أهمية فهم باحثي العمليات للبيئة التي يمارسون فيها أعمالهم .

★ تعتمد دراسات بحوث العمليات على التفاعل والتفاهم التام بين الدارسين القائمين على الدراسة والمستفيدين الأمر الذي يستدعي مراعاة احتياجات وقيود الواقع وأثرها على طرق تحليل وحل المشاكل الخاضعة للدراسة .

★ لعبت الحاسبات الآلية دورا رئيسيا وهاما في تطور وانتشار دراسات بحوث العمليات . فلا مفر اذن من التفاعل الايجابي بين علم الحاسبات وعلم بحوث العمليات لزيادة القدرات لمعالجة المشاكل العلمية من ناحية ودرجة التعقيد أو الحجم .

★ يزداد مدى الاستفادة من نتائج دراسات بحوث العمليات كلما اقترب فريق الدراسة من أعلى مستويات صانعي القرار . فلو لم يكن هناك اتصال مباشر بين المارشال دودنج وبين رئيس فريق بحوث العمليات لما أمكنه الحصول على احتياجاته بدقة ووضوح .

★ أهمية التعاون بين المختصين في العلوم المتعددة ذات الأهمية لمجال دراسة بحوث العمليات فعلى سبيل المثال اعتمد تطوير نظام المراقبة لدعم الدفاع البريطاني ضد الهجمات الجوية على التفاعل بين المختصين العسكريين ومهندسي الرادار (مصممين ومشغلين) وباحثي العمليات .

خاتمة

وختاما نتطرق مرة أخرى للسؤال الذي يطرحه عنوان الورقة : هل بحوث العمليات علم حديث أم منهج جديد ؟ هناك بعض الآراء التي تشير الى أن بحوث العمليات يمكن تطبيقها في العديد من مجالات العلوم الأخرى مثل الزراعة والطب والتعليم مثلا . لذا فهي تمثل منهجا جديدا يمكن استخدامه في مجال العلوم الأخرى بهدف تحسين أداء هذه النظم . وبالمقابل يجيب الممارسون والمهنيون في مجال بحوث العمليات على هذا السؤال بالتأكيد على أن بحوث العمليات علم مستقل يتناول تطبيق المنهج العلمي وشرح ظواهر التغير في مجال نظم التشغيل ، بما في ذلك تطوير النماذج الرياضية لفهم هذه الظواهر ولاستشراف ما يحدث تحت الظروف المختلفة لنظم التشغيل . فبحوث العمليات تتطابق مع العلوم الأخرى في استخدامها للمنهج العلمي في دراساتها بينما تتميز عن باقي العلوم في تناولها لمجال نظم التشغيل .

لقد تطور علم بحوث العمليات ونما ، كما رأينا ، بحيث استدعى هذا النماء برامج تعليمية خاصة تصل الى مستوى الدراسات العليا بغالبية الجامعات في معظم بلدان العالم كما تكونت العديد من الجمعيات المهنية والعلمية يشترك في عضويتها آلاف العاملين في البحوث وأنشئت وازدهرت الدوريات والنشرات العلمية ذات المستوى المتقدم . بالاضافة الى ذلك نجد الكثير من الهيئات الحكومية والعسكرية والشركات الصناعية وغيرها قد أنشأت أقساما ادارية متخصصة للقيام بدراسات بحوث العمليات .

ان بحوث العمليات تمتلك المقومات التي تؤهلها كعلم حديث باستخدام المنهج العلمي في مجال نظم التشغيل الأمر الذي يبرر ظهور ووجود برامجها ومناهجها ودرجاتها التعليمية وجمعياتها المهنية والعلمية ودورياتها العلمية الخاصة بالاضافة الى وجود أقسام متخصصة بدراسات بحوث العمليات في كبرى المؤسسات الحكومية والشركات .

ملحق رقم ١

البرمجة الخطية Linear Programming

نبذة مختصرة

تعتبر نماذج البرمجة الخطية أكثر فروع بحوث العمليات تطورا وخاصة بعد أن قام جورج دانتزيج George Dentzig بتطوير طريقة الحل المعروفة باسم سمبلكس Simplex عام 1947 . ويرجع النجاح الحالي في تطبيق البرمجة الخطية الى تقدم قدرات الحاسبات الآلية من حيث السرعة والسعة التخزينية . وتتمتع نماذج البرمجة الخطية بتنوع هائل في تطبيقاتها بالمجالات العسكرية والزراعية والصناعية وبنظم الانتاج والتخزين والنقل والاقتصاد . ونقدم هنا شرحا مبسطا لنماذج البرمجة الخطية .

تستخدم نماذج البرمجة الخطية في ايجاد القيم المثلى للأنشطة (Activities) أو الأعمال التي تتطلب العديد من الموارد Resources المحدودة بمعدل معروف ومعطى لكل علاقة بين نوع النشاط والموارد .

يتكون نموذج البرمجة الخطية من دالة هدف (Objective Function) تمثل ، مثلا ، كلفة الموارد المستخدمة . وفي هذه الحالة يهدف نموذج البرمجة الخطية الى تقليل الكلفة (Cost Minimization) ، أو قد تكون دالة الهدف هي ربحية الأنشطة المنتجة والتي يقوم النموذج بتعظيمها (Profit Maximization) وهناك بعد هذا القيود (Constraints) التي تمثل حدود الاختيار من بين الحلول الممكنة .

وتمثل دالة الهدف معايير تقويم الحلول المطروحة كالكلفة أو (الربح) . ويهدف نموذج البرمجة الخطية الى اختيار الحل الأمثل الذي يؤدي الى تقليل أو تعظيم التكاليف الكلية (الربح الكلي) . وعادة ما تتكون دالة الهدف من ناتج ضرب الكلفة (الربح) لوحدة من وحدات المتغير في عدد الوحدات من هذا المتغير والتي يحددها الحل الأمثل للنموذج . وبالطبع فان اختيار الحل الأمثل لابد وأن يخضع للعديد من القيود التي تحد من الخيارات الممكنة حتى نحصل على الحل الممكن تطبيقه عمليا . فعلى سبيل المثال ، هناك قيود على الطاقة الانتاجية لشركة ما لا يمكن تجاوزها . ولكل قيد علاقة خطية تخضع لقيمة ما (مثل الطاقة الانتاجية) سواء كانت أقل من ، أو تساوي ، أكثر من أو تساوي هذه القيمة .

التعريف العام لنماذج البرمجة الخطية :

يمكن تعريف نماذج البرمجة الخطية رياضيا بصفة عامة كالآتي :

• دالة الهدف .

Maximize (or Minimize)

$$\sum_{j=1}^{n} C_j X_j$$

Subject to :

• القيود Constraints

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \; (\leq , = , \geq) b_i$$

وحيث أن :

X_j = مستوى المتغيرات التي تمثل كل عمل من الأعمال j .

C_j = ربحية (أو كلفة) كل وحدة من المتغيرات X_j .

a_{ij} = كمية استهلاك العمل j من المورد i .

b_i = الكمية المتاحة من المورد i .

وتعريف المتغيرات والعوامل يختلف بتغير الموقف العملي المطلوب تمثيله بالنموذج الرياضي . وتعتمد نماذج البرمجة على ثلاثة افتراضات : الأول : التناسب (Proportionality) مما يعني أن استهلاك الموارد بواسطة عمل من الأعمال وأثره على دالة الهدف يتناسب مع مستوى العمل . الثاني : القابلية للجمع (Additivity) مما يبين أن الاستهلاك الجماعي للموارد عبارة عن مجموع الاستهلاكات لكل عمل من الأعمال . وهذان الفرضان يؤديان الى تمثيل خطي لجميع عناصر النموذج . والافتراض الثالث : أن المتغيرات التي تحدد مستوى الأعمال لا يمكن أن تكون سالبة (Nonnegativity).

وبالرغم من عيوب افتراض أن جميع العلاقات بالنموذج خطية خاصة في المشاكل العملية الا أن أهمية هذا الافتراض تتمثل في قابلية النموذج للحل بطرق مبسطة وأكثر كفاءة مما لو كانت هناك علاقات غير خطية . لذا يلجأ كثير من مطوري النماذج الرياضية الى تقريب العلاقات غير الخطية بعلاقات خطية . ولقد أثبتت النتائج أن الدقة التي تفقد نتيجة لهذا التقريب تعتبر مقبولة عمليا .

مثال ١ : مزج الزيت الخام Crude Oil Blending

في احدى مصافي الزيت خطان لخلط نوعين من وقود السيارات باستخدام نوعين من الزيت الخام . وتتغير ربحية المصفاة حسب نوع الوقود مع التقيد بكميات محدودة من نوعي الزيت الخام الممكن الحصول عليه ، بالاضافة الى ارتباط المصفاة بعقود لتزويد السوق بكميات معينة . ويبين الجدول رقم ١ البيانات الخاصة بالبدائل

واستخدامات الموارد لكل خط للانتاج . "1" يتطلب وحدة واحدة وثلاث وحدات من نوعي الزيت الخام الأول والثاني على التوالي لانتاج 9 وحدات من النوع الأول لوقود السيارات ، بينما تعطي وحدتين من النوع الثاني من الوقود خلال ساعة من الزمن . كما يوضح الجدول أن الربحية الناتجة من تشغيل الخط «أ» للانتاج تساوي 5 دنانير كويتيه . ويعطي الجدول أيضا نفس البيانات لخط الانتاج «ب» . ويوضح الجدول أن كمية الزيت الخام المتاحة للمصفاة لا تتعدى 80 و 120طنا للنوعين الأول والثاني على التوالي ، بالاضافة الى ارتباط المصفاة بتزويد 80و 90طنا من النوعين "1" و "2"على التوالي لوقود السيارات ويمكن تمثيل نموذج البرمجة الخطية لمزج الزيت الخام في رسم بياني (شكل ١) .

ويتكون الشكل من خمسة خطوط مستقيمة كل منها يمثل صفا من صفوف الجدول رقم «١» . الأربعة الأولى 4,3,2,1 تحدد القيود على الحل بينما الخط رقم 5الربحية (Profit line) ويلاحظ أن الخطوط الأربعة الأولى تحدد المنطقة المخططة والمعروفة « بمنطقة الحلول الممكنة » (Feasible Region) والمعروف في نظريات البرمجة الخطية أن الحل لا بد وأن يتكون من احدى النقاط الحدية الأربع الناتجة من تقاطع الخطوط التي تحدد منطقة الحلول الممكنة ، فمثلا الخط رقم «2» يبين أن الحل لا بد أن يعطي ما لا يقل عن 180طنا من وقود السيارات نوع "1". ويمكن رسم هذا الخط بافتراض أن عدد ساعات العمل على خط الانتاج «ب» يساوي صفرا ، وبقسمة الطلب ، وهو 180 طنا على كمية الوقود "1" الممكن انتاجه واحد ، لا بد وأن يعمل الخط لمدة 20ساعة كما هو مبين على الرسم على المحور الأفقي والذي يمثل عدد ساعات خط الانتاج الأول . وبالطريقة نفسها تصل الى النقطة 45 على المحور الرأسي . وبوصل هاتين النقطتين ينتج الخط البياني "1".

ونود أن توضح هنا أن الأسهم الصغيرة على طرفي الخط «2» تشير الى أن الحلول الممكنة تقع على يمين هذا الخط فقط . أما عن خط الربحية ، فيتم بافتراض أية قيمة للربحية الكلية (ولتكن 100 في هذه الحالة) . وتستخدم هذه القيمة المفترضة لحساب انحدار خط الربحية والذي يمكن استخدامه في رسم الخط . وتنطوي الطريقة البيانية (شكل « ١ ») على تحريك خط الربحية في حالة تعظيم الربحية الى أبعد نقطة ممكنة من نقطة الأصل وهي النقطة (32, 12) الموضحة على الرسم . ويمكن تلخيص الحل الأمثل كالآتي :

الحل الأمثل لمثال مزج النفط الخام

- عدد ساعات العمل

خط الانتاج «أ» 32 ساعة

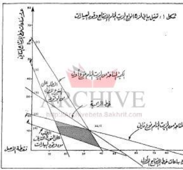
خط الانتاج «ب» 21 ساعة

- الربحية

$= 32 \times 5.0 + 3.25 \times 12$ ١٩٩ ديناراً

جدول 1 بيانات مزج الزيت الخام لانتاج وقود السيارات

		خط الانتاج «أ»	خط الانتاج «ب»	الكمية	
* زيت خام					
- نوع أول		1	4	80	المتاح
- نوع ثاني		3	2	120	المتاح
* وقود السيارات					
- نوع «1»		9	4	180	الطلب
- نوع «2»		2	6	90	الطلب
الربحية		5	3.25	-	



شكل ١ : تمثيل بياني لمزيج أنواع الزيت الخام الإنتاج وقود السيارات

● الكمية المستخدمة من النفط الخام

النوع الأول : 80
النوع الثاني : 120
وهو ما يساوى الكمية المتاحة

● الكمية المنتجة من وقود السيارات

نوع "1" : 336 وهو ما يتعدى الطلب
نوع "2" : 632 وهو ما يتعدى الطلب

والملاحظ أن المثال يفترض أن المصفاة يمكنها أن تربح من بيع أية كمية منتجة من نوعي وقود السيارات تتعدى الطلب .

وبافتراض أن :

X_1 = عدد ساعات الانتاج على خط «أ»
X_2 = عدد ساعات الانتاج على خط «ب»

يمكن وضع نموذج رياضي لهذا المثال كالآتي : يهدف النموذج الى ايجاد عدد ساعات العمل على كل خط من خطوط الانتاج مع تعظيم الربحية الممثلة بالخط .

$$5X_1 + 3.25X_2$$

بحيث يخضع هذا الحل للقيود التالية :ـ

● قيود كمية الزيت المتاحة :

$X_1 + 4X_2 \leq 80$ أي أن الكمية المستخدمة من النفط
$3X_1 + 2X_2 \leq 120$ الخام لا تتعدى الكمية المتاحة من كل نوع .

● قيود الطلب على الوقود :

$9X_1 + 4X_2 \geq 120$ أي أن الكمية المنتجة من الوقود لا بد وأن
$2X_1 + 2X_2 \geq 50$ تتعدى الكمية المطلوبة .

ويمكن تعديل القيود المعطاة أعلاه أو اضافة قيود جديدة ، مثل تعديل قيود الطلب على الوقود ، بجعلها تساوي (=) بدلا من أكبر أو تساوي (≥) أو اضافة قيد جديد على عدد ساعات العمل بأحد الخطوط بحيث لا يتعدى عدد ساعات معينة .

وجميع هذه التعديلات تخضع بالطبع للاعتبارات العملية للمشكلة التي نحن بصدد حلها .

والسؤال الذي يتبادر الى الذهن الآن هو : لنفترض أن عدد خطوط الانتاج أكثر من خطين بحيث لا يمكن تمثيل المسألة بيانيا كيف يمكننا ايجاد الحل الأمثل ؟ وهنا ننتقل الى ما هو معرف بالطرق الجبرية . والطريقة الأكثر شيوعا والمتبعة في جميع برامج الحاسب الآلي للبرمجة الخطية وهي طريقة "Simplex" والتي لن نخوض في تفاصيلها هنا ويمكن للقارىء المهتم أن يطلع على Dantzig (1963), Hadley (1962), Taha (1982)

* * *

المراجع

[illegible] ١٩٨٦ [illegible]
[illegible] ١٩٨٦

Air Ministry, 1963. **The Origin and Development of Operational Research in Royal Air Force**, Air Publication 3368. Her Majesty's Stationery Office London.

Bailey, N.J.J., 1957. **Operational Research in Hospital Planning and Design**, Operational Res. Quart 8, pp. 149-157, Sept.

Halinsky, W. and A. Reisman, 1972. **Some Manpower Planning Models Based on Levels of Educational Attainment**, Management Science, 18, pp. 691-705.

Blackett, P.M.S. 1962. **Studies of War: Nuclear and Conventional**, Hill and Wang, New York.

Caywood, Thomas E., Howard M. Berger, Joseph H. Engel, John F. Magee, [illegible], Marr and Robert M. Thrall, 1971. **Guidelines for the Practice of Operations Research**, Operations Research 19, pp1123-1148.

Clark, Ronald W., 1965. **Tizard**, Chapter 7, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Churchman, C. West, Russell L. Ackoff, and E. Leonard Arnoff, 1957. **Introduction to Operations Research**, Wiley, New York.

Churchill, W.S. 1949. Their Finest Hour, Vol. II of the series The Second World War Cassell, London.

Dantzig, G. 1963. Linear Programming and Extensions, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Edie, Leslie, 1954. Traffic Delays at Toll Booths, Operations Research 2, pp. 107-138.

Fabozzi, F.J. and J. Valente, 1976. **Mathematical Programming in American Companies: A Sample Survey**, Interfaces, 7 (1): pp. 93-98, November.

Fetter, Robert B., 1975. The Health Services, Handbook of Operations Research: Models and Applications - Volume 2, in Moder, J. and S.E. Elmaghraby (eds.), Van Nostrand Reinhold, New York.

Fetter, R.B. and J.D. Thompson, 1973. **A Planning Model for the Delivery of Health Services**, in A. Reisman and M. Kiley (Eds.), Health Care Delivery Planning, Gordon & New York.

Flagle, C.D. 1967. A Decade of Operations Research in Health, in F. Swicky and A.G. Wilson (Eds.), New Methods of Thought and Procedure, Springer-Verlag, New York, pp. 33-41.

Goldman, J. and H.A. Knappenberger, 1968. **How to Determine the Optimum Number of Operating Rooms**, Modern Hospital III, pp. 1147, Sept.

Gronnelin, Karl, and Michel Truchon, 1986. **Allocation of Classrooms by Linear Programming**, J. Operational Research Society, Vol 37, No. 6, pp. 561-569.

Hadley, G. 1964. **Linear Programming**, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.

Haley, K.B. (editor) 1979. **Operational Research 78: Proceedings of the Eighth International Conference On Operational Research**, North-Holland, Amsterdam.

Hillier, F.S. and G.J. Lieberman, 1980. **Introduction to Operations Research**, Holden-Day, Inc., Oakland California, 3rd Edition.

Horvath, W.J. and M.L. Ernst, 1986. **Philip McCord Morse: A remembrance (1903-1985)**, Operations Research, Vol. 34, No. 1, Jan-Feb.

Kemeny, John G. 1959. **A Philosopher Looks at Science**, Van Nostrand Reinhold, New York.

Larnder, H., 1984. **The Origin of Operational Research**, Operations Research, Vol 32, No. 2, March-April.

Ledbetter, W.N. and J.F. Cox, 1977. **Are OR Techniques Being Used**, **Industrial Engineering**, pp. 19-21, February.

Machol, R.E., 1981, **OR/MS in Europe - An American's Impressions**, pp. 209-218, J.P. Brans (Editor): Operational Research 81, Proceeding of the Ninth IFORS International Conference on Operational Research, Hamburg, Germany, July 20-24.

Miser, Hugh J. and W. Edward Cushen, 1975. **The Demand for Management-Science Services in the Future in Civil Government,** in Michael J. White, Micheal Radnor, and David A. Tansik (eds.), Management and Policy Science in American Government : Problems and Prospects, Lexington Books, D.C. Heath, Lexington, Massachusetts.

Miser, Hugh J., 1975. **The History, Nature and Use of Operations Research,** in J.J. Moder and S.E. ElMaghraby (editors), Handbook of Operations Research : Foundations and Fundamentals, Volume 1, Von Nostrand, Reinhold, New York.

Moder, J.J. and S.E. Elmaghraby, (editors), 1975. **Handbook of Operations Research, Volume 1 and 2, Van Nostrand, Reinhold, New York.**

Morse, P.M., 1986. The Beginning of Operations Research in the United States, Operations Research, Vol 34 No. 1, Jan-Feb.

Morse, Philip M. and George E. Kimball, 1946. **Methods of Operations Research,** National Defense Research Committee, Washington D.C., (Also published by Wiley, New York, 1951).

———, 1955. Queues, Inventories and Maintenance : **The Analysis of Operational Systems with Variable Demand and Supply,** Wiley, New York.

Neal, Rodney D. and Micheal Radnor, 1973. **The Relation between Formal Procedures for Pursuing OR/MS Activities and OR/MS Group Success,** Operations Res. 21: pp. 451-474.

O'Brien, G.G. and R.R. Crane, 1959. **The Scheduling of a Barge Line,** Operations Research. 7 : pp. 561-570.

Quade, Edward S., 1975. Analysis for Public Decisions, American Elsevier, New York. ——— and W.I. Boucher, 1968. **System** Analysis and Policy Planning : Applications in Defense, American Elsevier, New York.

Radnor, Michael and Rodney D. Neal, 1973. The Progress of Management-Science Activities **in Large US Industrial Corporations,** Operations Research 21 : pp. 427-450.

Ravindran, A., Phillips, D.T. and Solberg, J.J., 1987. **Operations** Research : Principles and **Practice,** Second Edition, John Wiley and Sons, New York.

Taha, H, 1982. **Operations Research** : An Introduction, third edition, Macmillan Publishing Co., New York.

Thornthwaite, C.W., 1953. **Operations Research in Agriculture,** Operations Research, 1 : pp. 33-38.

Trefethen, Florence N., 1954 A History of Operations Research, pp. 3-35 in McCloskey and Trefethen.

Turban, E, 1972. **A** Sample Survey of Operations Research Activities at the Corporate, Operations Research, 20 : pp. 708-721.

Waddington, C.H., 1973. **OR in World War 2 - Operational Research against the U-Boat,** Paul Elek Ltd., London.

Watson-Watt, Sir R. 1957. **Three Steps to Victory,** Adams, London.

White, Gregory, P., 1987. **A Survey of Recent Management Science Applications in Higher Education Administration,** Interfaces 17 : 2 March-April, pp. 97-108.

Wright, R. 1969. **Dowding and the Battle of Britain.** Macdonald, London.

* * *

شخصيات وآراء

بيوت البرمجيات وأهميتها الاستراتيجية للتنمية في البلدان النامية

عبدالاله الديوه جي*

١ - تمهيد

١ - ما هي البرمجة ؟

اعتمدت المجتمعات البدائية في قديم الزمان على مهارة حرفييها مثل الحداد والنجار والخياط والنسّاج وغيرهم . ويمتلك الحرفي مهارة لا يمتلكها أقرانه من أفراد المجتمع اكتسبها عادة بعد عناء طويل ويدخل لا يكاد يسد رمقه عندما تتلمذ على أستاذه لسنوات طويلة . ويتلمذ الحرفي عادة بالتقليد والتدريب العملي واكتساب الخبرة والتجربة والخطأ ايضا . ولا يفهم الحرفي ما يكفي من النظريات حول عمله في الهندسة والرياضيات ولا حتى الحساب . ويعمل الحرفي عادة لوحده او ضمن مجموعة صغيرة في إطار زمني محدد وبكلفة متواضعة ثابتة وتكون النتائج مرضية لزبونه عادة .

ويقول هور (١) ان المبرمج يمتلك هذه الأيام العديد من صفات الحرفي من قديم الزمان ، فهو يتعلم حرفته من خلال دورات بكلفة قصيرة ضمن مجموعات صغيرة من المبرمجين ويطور مهارته من خلال خبرته بدلا من قراءة الكتب والدوريات العلمية . وهو يدرك القليل من النظريات الرياضية التي تحكم مهنته ، ولا يفضل عادة ان يشرح عمله أو يوثقه الا أنه يستطيع بشكل او بآخر اكمال المهمة الناطة به ضمن الوقت والكلفة المحددتين ارضاء لزبونه .

وفي المجتمعات البدائية في قديم الزمان ايضا اعتمد الناس على نوع آخر من المتخصصين هم السحرة والمشعوذون . وتوجد اختلافات عديدة بين هؤلاء والحرفيين ، اذ يعتمد السحرة والمشعوذون على كتب السحر والشعوذة والمصادر التي لايستطيع غيرهم فهمها

* وزارة الصناعة - ص . ب ٥١٦٠ - بغداد - الجمهورية العراقية

(١) Hoare ,C . A .R Programming : Sorcery or Science ? IEEE Software, Vol. 1 Number 2, April 1984.

او حل ألغازها وعندما يحصل خطأ في تطبيق ما يطلبه هؤلاء من زبائنهم قد ينقلب الامر ويصبح لعنة ضد صاحب الامر وقد يحتاج ذلك الى اعادة الشعائر والتعليمات من البداية واذا لم تنجح العملية ثانية يقع اللوم على الزبون . وفي جميع الحالات فزمرة الشعوذة معصومة من الخطأ . ويمتلك المبرمجون بعضا من صفات هؤلاء ايضا فلدينا تسميات عديدة مثل اخصائي الكومبيوتر ومحلل الأنظمة والمبرمج واخصائي المعلوماتية الا ان المصطلح المناسب لكل هؤلاء هو « المبرمج » ، فجميع الاختصاصات التي تقع في مستويات مختلفة من التعقيد ما هي الا درجات متفاوتة من التجريد للحلول المطلوبة في تطبيق الكومبيوتر في بيئة ما .

البرمجة اذن في الماضي القريب ، ولا زالت حتى الآن بعض الشيء ، مجموعة من المهارات التي يتعلمها عليها المبرمج دون التعمق الكافي في الاسس العلمية المبنية عليها اساليب حل المسائل ليصبح في احيان عديدة اشبه بالحرفي الذي يقوم بعمله بالمهارة التي اكتسبها بعيدا عن النظريات وهو في احيان أخرى اشبه بالساحر او المشعوذ في اعتماده على أساليب مثالية قد لا تقارب الواقع الذي يحاول معالجته ويتكلم في كثير من الاحيان بلغة لا يفهمها غيره فاذا فشل يوجه لومه الى المستفيد لعدم اتباعه التعاليم الدقيقة التي تتطلبها التكنولوجيا ، واذا نجح فذلك نتيجة حسن تصميمه .

٢-١ هندسة البرمجيات

مع تطور التكنولوجيا عبر العصور ظهرت مهنة « المهندس » وهي نوع جديد نسبيا من المهن . فالمهندس يمر عبر تكوينه بمراحل مشابهة لمراحل اعداد الكهنة حيث يدرس الاسس والنظريات العلمية . ثم يتتلمذ بعد ذلك على اساليب تطبيق المهنة مثل الحرفي ويمر في خلال هاتين المرحلتين بالعديد من المؤسسات التعليمية كالمدارس والجامعات . وفي مرحلة التلمذة والتطبيق يحتاج للعودة بين الحين والآخر الى تعلم اساليب واسس جديدة تعزز قدراته في الاستجابة الى ما يطلب منه من فعاليات مهنية . وقد تطورت مهنة البرمجة خلال السنوات القليلة الماضية الى مهنة هندسية لا تختلف في طبيعة عملها عن الفروع الهندسية الأخرى .

ففي الولايات المتحدة الامريكية ، على سبيل المثال ، اعتمدت مفردات واضحة للتعليم الجامعي في هندسة البرمجيات في العديد من الجامعات من قبل اهم جمعيتين مهنيتين هما (ACM) و (IEEE) * لتؤهلان الخريجين للانطلاق في حقل البرمجة بدرجة مقبولة من الثقة اسوة بالفروع الهندسية الأخرى واعتمدت في مجال العمل اسس علمية اوضح لمواصفات البرمجيات واسلوب تنفيذها بالشكل المقارب لتنفيذ المشاريع الهندسية ، وكذلك الحال بالنسبة للمملكة المتحدة التي تمثل جمعيتان هما (BCS) و (IEE) ** مهنة البرمجة بشكل او بآخر . كما اعطي مؤخرا لقب (Chartered Engineer) لاعضاء جمعية الكومبيوتر البريطانية (BCS) وذلك تأكيدا لطبيعة العمل البرمجي الهندسية .

* ACM. Association for Computing Machinery
IEEE. The Institute of Electrical and Electronics Engineers

** BCS. The British Computer Society
IEE. The Institution of Electrical Engineers

يمر المشروع البرمجي ، الكبير نسبيا ، بمرحلتين رئيستين .

الاولى : مرحلة المواصفات .
والثانية : مرحلة التنفيذ .

ففي مرحلة المواصفات يقوم رئيس المجموعة البرمجية ، وليكن رئيس المبرمجين ، بوضع المخططات والتصاميم الاولية السريعة لهيكل النظام (المنتوج) الذي يفي بمتطلبات المستفيد (الزبون) وهو بذلك اشبه بالمهندس المعماري الذي يرسم المخططات لشكل المبنى الذي سيصممه . ويقوم رئيس المبرمجين ، وبشكل تدريجي وبالتشاور المستمر مع المستفيد ، بوضع التفاصيل التي يجب ان تدخل في اجزاء هيكل النظام ليصل في النهاية الى تحديد الشكل النهائي للنظام المطلوب .

وللمستفيد حق التساؤل والتدقيق في مراحل التصميم المختلفه لغاية الوصول الى التصميم النهائي الذي يجب ان يصادق عليه قبل الشروع بالتنفيذ . ولا يكتفي المستفيد عادة بقراءة المواصفات الموضوعة باسلوب معقد وتفصيل بالشكل الذي تعود المبرمج ان يضع به مواصفات برامجه . فعلى غرار التصميم المعماري يريد الزبون ان يرى النماذج الاولية والرسومات التي تقرب اليه التصميم بالشكل الذي يفهمه الفرد غير المتخصص . وهذا ما كان ينقص مهنة البرمجة الى حد كبير لحين ظهور وسائل بناء النماذج الريادية واللغات المتطورة لتصميم النظام .

اما مرحلة التنفيذ فتعتمد على التصميم المصادق عليه والمفحوصة اجزاؤه بشكل مترابط وبدقة رياضية واضحة . وهذه الأجزاء قد تكون جاهزة الصنع او مصممة خصيصا لخصوصيات النظام تعتمد على اسس منصوص عليها في ادبيات المهنة . وعلى رئيس المجموعة ان يقدر حجم العمل البرمجي المطلوب من ناحيتي الجهد والكلفة وقابليات الموارد المطلوبة من منظومة الكومبيوتر (جداول الكميات) والتوقيتات المتوقعة . بعد كل ذلك يبدأ العمل التنفيذي الذي قد تتولاه مجموعات صغيرة او كبيرة من المبرمجين ، او قد يعطى على شكل مقاولات ثانوية لجهات مختلفة حسب التخصص على غرار العمل الهندسي للمقاولات والتنفيذ . وعلى رئيس المجموعة (المعماري) والمستفيد ان يصادقا على مراحل اكمال العمل اولا بأول ضمن اطار المعايير المتبعة عادة في شهادات استلام العمل الهندسي .

ان هاتين المرحلتين (التصميم والتنفيذ) مرحلتان تطويريتان تعقبهما مرحلة تشغيل النظام ومن ثم صيانته وتحسينه حسب الحاجة . فصيانة النظام البرمجي لا تختلف كثيرا عن صيانة الاجهزة والمعدات والمباني فهي مطلوبة لسببين ، الاول عند اكتشاف الاخطاء التصميمية في وقت لاحق من الاستلام ، والثاني عند حدوث تغييرات في مدخلات النظام من البيانات بناء على متطلبات المستفيد او جهات تشريعية خارجية فارضة .

والنظام البرمجي الكبير لا يمكن اختباره اختبارا كاملا بالوسائل البرمجية المتاحة حاليا فهو بذلك اعقد من النظم الهندسية التقليدية الأخرى كالمباني والمعدات . وهو يمتاز بالمقابل في ان اجزاءه لاتستهلك بنفس الطرق المعروفة التي تستهلك فيها الاجزاء الميكانيكية او الانشائية للمنتجات الهندسية الأخرى ويطلق على مجمل المراحل هذه الدورة الحياتية للبرمجيات والذي يبين الشكل (١) النموذج التقليدي لها .



الشكل (١) الدورة الحياتية التقليدية للبرمجيات

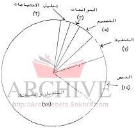
وفي دراسة قام بها راما مورثي وآخرون (١) يتبين ان مصادر الاخطاء في الدورة الحياتية للبرمجيات يمكن تقسيمها كما في الشكل (٢) حيث يتبين ان الأخطاء الناتجة في مرحلة المواصفات تحظى بأكبر النسب تليها مرحلة تنفيذ البرامج على مستوى الاجزاء الاساسية المختلفة للنظام البرمجي .

اما بالنسبة لتوزيع الكلف على الدورة الحياتية فيبين الشكل (٣) هذه النسب . ومن الواضح ان تسبق التشغيل والصيانة تحظيان بالحصة الكبرى من مجمل كلفة النظام التجريبي .



الشكل (٢) انواع الاخطاء في البرمجيات

(١) Ramamoorthy, C.V. et al, Software Engineering, IEEE Computer, Vol. 17, Number 10, October 1984.



الشكل (٣) كلف مراحل البرمجيات بالاسلوب التقليدي

وقد ظهرت خلال السنوات القليلة الماضية اسس وتسهيلات برمجية غيّرت من فلسفة مراحل الدورة الحياتية للبرمجيات وركزت بالدرجة الاساسية على مفهوم النموذج الريادي (prototype) للنظام البرمجي مما قرّب العمل البرمجي الى حد كبير من العمل الهندسي .

والشكل (٤) يبين المقارنة ما بين المراحل التقليدية للدورة الحياتية للبرمجيات والمراحل التي تعتمد النموذج الريادي . واهم ما يلاحظ في اسلوب النموذج الريادي المرحلة المبكرة لاكتشاف الاخطاء التي تبدأ بعد اكمال المصمم للنموذج بينما تؤجل هذه المرحلة لحين قيام المستفيد باجراء فحوصات القبول في مرحلة متأخرة من المشروع .

والمؤمل ان تركز الابحاث والدراسات على مرحلة الصيانة حيث تدل الاحصائيات الحالية ان اكثر من ٦٠٪ من كلفة الدورة الحياتية للبرمجيات تعزى الى الصيانة وعلى خلاف ما هو متعارف عليه في مفهوم الصيانة للأجهزة والمعدات فان الصيانة البرمجية تتضمن عادة نسبة لا بأس بها من التحويرات والتطويرات والمتبقي هو لتصليحات البرامج والنظام . يبين الشكل (٥) هذه النسب وتفاصيل بعضها لتوضيح الصورة .

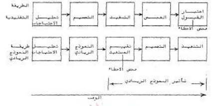
١ـ ٣ حال واقع تكنولوجيا البرمجيات

بعد هذا التمهيد السريع للبرمجة وهندسة البرمجيات للوقوف على هذه المهنة التي لا تعتبر معروفة بتفاصيلها الدقيقة للعديد من المهندسين وحتى العاملين في حقل الكومبيوتر ، ما هو إذن حال الواقع لهذه التكنولوجيا في الدول المتقدمة ؟ وهل يمكننا الاستفادة من تجارب هذه الدول لاقامة حالة مشابهة او حالة خاصة بنا ؟ وهل ستعاني هذه الصناعة ما عانته الصناعة التقليدية في الدول النامية ؟

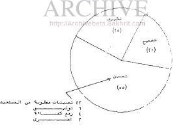
يمكن تقسيم الوحدات الانتاجية في الدول المتقدمة الى مجموعات أساسية ثلاث :ـ

<u>المجموعة الاولى :</u> الشركات المصنعة للأجهزة وهي تلك الشركات التي تصنع الكومبيوترات بكافة احجامها وتركز هذه المجموعة من الشركات بالدرجة الاولى على البرمجيات الاساسية لمنظوماتها كأنظمة التشغيل واللغات البرمجية وقواعد البيانات وبرمجيات الاتصالات . وتقوم بعض هذه الشركات وبالأخص الكبيرة منها بتطوير برمجيات بعض التطبيقات القياسية

<u>المجموعة الثانية :</u> بيوت البرمجيات التقليدية التي نمت في الستينيات مع نمو استخدام الكومبيوترات الضخمة والمتوسطة واستطاعت من خلال توفير بعض البرمجيات التطبيقية ابتداء ومن ثم بعض البرمجيات الاساسية كبرمجيات قواعد البيانات ، تكوين جسور كفية ما بين الشركات المصنعة للأجهزة وما بين المستفيدين . ونجحت هذه الشركات خلال الستينات والسبعينات من خلال التعامل مع المستفيد في حالتين رئيستين : الحالة الاولى عندما يكون النظام البرمجي الذي يرغب المستفيد في تنفيذه معقدا لا يمتلك المستفيد الخبرة الكافية لتنفيذه تنفيذا مباشرا ، والحالة الثانية عندما يكون المستفيد مستخدما واسعا للكومبيوتر لا يمكنه تنفيذ خططه الطموحة في البرمجيات بموارده البشرية الذاتية فيضطر الى احالة بعض الاجزاء البرمجية كمقاولات الى بيوت البرمجة .



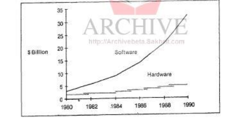
شكل (٤) مقارنة اسلوبي تطوير البرمجيات



الشكل (٥) نسب الكلف باسلوب النموذج

المجموعة الثالثة : وهي الشركات الصغيرة التي نمت مع نمو وانتشار المايكروكومبيوتر واصبحت نشاطا اساسيا لا يستهان به في العديد من الدول الصناعية وبالأخص الولايات المتحدة الامريكية . وتتخصص مثل هذه الشركات بانواع البرمجيات الاساسية والتطبيقية المستخدمة على المايكروكومبيوتر كأنظمة التشغيل واللغات وما يطلق عليه التطبيقات الشاملة (generic applications) مثل معالجة الكلمات ومعالجة الجداول والرسوم البيانية وقواعد البيانات . ويطلق على هذا الجزء من سوق البرمجيات بالسوق الأفقي لانه يتعامل مع مقطع واسع من الانشطة المختلفة ويقدم خدمة قياسية مطلوبة لكافة هذه الأنشطة . وهناك شركات برمجيات اخرى متخصصة ببعض التطبيقات المتخصصة لانشطة محددة مطلوبة في سوق البرمجيات ولانها لاتهم مقطعا واسعا ومتنوعا من المستعملين لذا يطلق على هذا السوق بالسوق العمودي .

لقد تطورت الكومبيوتر باستخداماتها وأجهزتها المختلفة وزادت قابليات الالكترونيات ومعوليتها وصغر حجمها ورخص ثمنها الا ان كلف البرمجيات لا زالت عالية حيث بينت احدى الدراسات [٣] ان كلفة البرمجيات الى كلفة مشاريع انظمة الكومبيوتر بلغت عام ١٩٨٤ بحدود ٧٠٪ في الولايات المتحدة وان من المتوقع ان تكون هذه النسبة بحدود ٨٥٪ عام ١٩٩٠ كما هو مبين في الشكل (٦) .



الشكل (٦) من المتوقع ان ترتفع كلف البرمجيات مقارنة بالمعدات من ٧٠٪ الى ٨٥٪ خلال العقد ١٩٨٠ – ١٩٩٠

(٣) Barbacci, M.R. et al, The Software Engineering Institute: Bridging Practice and Potential, IEEE Software, Vol. 2 number 6, November 1985

والجدير بالذكر ان الشركات الكبيرة للبرمجيات (المجموعة الثانية) تمر الآن في مرحلة اعادة النظر في طبيعة اعمالها لتتناسب مع الثورة التكنولوجية التي احدثتها المايكروكومبيوتر وبدأ عدد هذه الشركات بالنقصان بينما حدثت زيادة كبيرة في عدد الشركات الصغيرة والمتوسطة (المجموعة الثالثة) بسبب انتشار المايكروكومبيوتر .

وهذه الشركات الصغيرة يمكن تقسيمها الى ثلاثة انواع اساسية :-

النوع الاول : شركات البرمجيات البحته كأنظمة التشغيل ولغات البرمجة ومعظمها شركات امريكية قلما نجد شركات مشابهة لها خارج الولايات المتحدة الامريكية .

النوع الثاني : شركات البرمجيات التطبيقية الشاملة التي تستهدف السوق الافقي للبرمجيات وتعنى ببرمجيات معالجة النصوص وقواعد البيانات ومعالجة الجداول والرسوم البيانية ومعظمها ايضا امريكية الجنسية .

النوع الثالث : شركات البرمجيات التطبيقية المتخصصة التي تستهدف الاسواق العمودية للبرمجيات من خلال تصميم وتسويق برمجيات لتطبيقات عملية في الهندسة والتصاميم والتطبيقات الادارية والصناعية كادارة الصيانة والانتاج والرسم الهندسي والتحليلات الاقتصادية والاحصائية وتطبيقات التوثيق وغيرها . وعلى عكس النوعين الاول والثاني فان اعدادا من هذه الشركات متواجدة في دول متقدمة اضافة الى الولايات المتحدة الامريكية وقد برزت بعضها في دول اوروبا الغربية وبعض الدول الاكثر تقدما من بين الدول النامية .

٢- البرمجة والبرمجيات في الوطن العربي

٢-١ خلفية

لم يصاحب دخول الكومبيوتر في بعض البلدان العربية مع بداية الستينيات اية مفاجآت او انجازات مدهشة . حاله في ذلك حال العديد من الوسائل التقنية التي دخلت مجتمعات نامية مشابهة [١] . والحاجة لادخال الكومبيوتر في معظم البلدان العربية أتت في كثير من الحالات نتيجة معاناة واخفاقات في التنظيمات الادارية واساليب العمل اكثر مما هو بسبب التطور الطبيعي والاقتصادي للحاجة والتفاعل مع الطلب .

وكانت دول المغرب العربي ، وبالاخص الجزائر وليبيا ، من الدول التي دخلتها الكومبيوتر من خلال شركات البترول الاجنبية العاملة فيها . وكذلك بعض دول المشرق العربي مثل العراق والمملكة العربية السعودية والكويت . وفيما عدا ذلك فقد كانت البنوك الاجنبية والمحلية وبالاخص في لبنان من اول القطاعات التي اعتمدت الكومبيوتر في اعمالها .

اما الدول العربية الأخرى مثل مصر وبعد ذلك العراق فقد كان للقطاع الحكومي دوره الواسع في ادخال الكومبيوتر بسبب تضخم العمليات المركزية التي تقوم بها الادارات كالاحصاءات والفواتير والعمليات المالية عموما . وتبع ذلك حاجة بعض الجامعات والكليات العلمية الى الكومبيوتر ، فكانت الجامعة الامريكية في بيروت من اولى الجامعات التي انشأت مركزا للكومبيوتر وكذلك جامعة القاهرة وكلية الهندسة في جامعة بغداد وكلية البترول والمعادن في المملكة العربية السعودية .

(١) الدبوبي ، عبد الاله ، مفاهيم حول تقنية المعلومات ، دراسة موسعة سيتم نشرها في مجلة عالم الفكر الكويتية خلال سنة ١٩٨٩ .

وكانت الدول تقارن في الستينات باعداد الكومبيوترات المنصوبة فيها كمعيار لتقدمها في هذا المجال وكانت الدول العربية التي في المقدمة من ناحية العدد والاستخدام الجزائر والمملكة العربية السعودية والعراق تتبعها بعد ذلك مصر باتجاه مختلف بعض الشيء .

اما الآن وبعد انتشار المايكروكومبيوتر واحجام مختلفة من الأجهزة والوسائل فلا يمكن اعتماد المؤشر العددي كوسيلة لقياس انتشار تكنولوجيا الكومبيوتر او تقييم استخداماته .

لقد تخلف عن ركب الثورة الصناعية معظم الدول النامية ومنها الدول العربية وتخلفت هذه الدول ايضا عن الثورة الاولى للكومبيوتر التي مر بها العالم المتقدم في الستينات والسبعينات . ومع تصاعد الثورة الثانية للكومبيوتر (ثورة المايكروكومبيوتر) قد يكون لدى بعض هذه الدول فرصة حقيقية للحاق اذا ما تفاعلت مع الثورة الجديدة بشكل مختلف وفي الوقت المناسب .

لقد حققت بعض الدول العربية نجاحات جزئية عندما اتاحت للاخصائيين والافراد عموما التعامل مع وسائل المايكروكومبيوتر بحرية تامة ووفرت لهم المستلزمات الضرورية لتطوير هذه الوسائل وتكييفها للحاجات المحلية . فظهرت ابداعات جديرة بالتشجيع في بعض البلدان العربية كالاردن والكويت والبحرين في مجال تعريب المايكروكومبيوتر . وعلى مستوى الكومبيوترات الاكبر حجما حققت بعض الدول العربية كتونس والمغرب ومصر والعراق انجازات متواضعة في مجال التطبيقات العامة .

وتتدرج غالبية التطبيقات السائدة في الوطن العربي ضمن احد الانواع الآتية :-

أ ـ التطبيقات الحسابية والادارية .
ب ـ التطبيقات الاحصائية .
ج ـ التطبيقات التجميعية والرقابية .
د ـ التطبيقات العلمية والتعليمية .

٢ـ٢ التعليم

يرتبط الكومبيوتر بالتعليم من جانبين : الجانب الاول وهو الواضح هو تعليم الكومبيوتر ومكوناته وبرمجته في المدارس بمختلف مستوياتها . والجانب الثاني استخدام الكومبيوتر كوسيلة للتعليم والتعلم في كافة الموضوعات وعلى جميع المستويات ويهمنا في هذه الدراسة الجانب الاول فقد جرت محاولات متواضعة لتجربة تعليم الكومبيوتر والبرمجة في المراحل الاعدادية والثانوية في بعض البلدان العربية الا ان مثل هذه التجارب لم تحقق التواصل المنشود لتقييمها . ولم يستطع الكادر التعليمي التقليدي التأقلم على تدريس الموضوع الجديد فاصبحت مثل هذه التجارب رهينة توفر بعض الاختصاصيين من خارج الكادر التعليمي وهو امر غير مقبول في تجارب الدول المتقدمة .

ليس من الصعوبة في الوقت الحاضر تحميل لغات برمجة تربوية لتعليم حل المسائل للطلاب بمختلف الاعمار فهناك تجارب عالمية حققت النجاح يمكن الاستفادة منها وتطويرها لتلائم الطالب العربي . وبالرغم من ان لغات البرمجة في الحياة العملية لايشترط بها ان تكون باللغة العربية الا ان لغات البرمجة التعليمية وخاصة بالمراحل التعليمية الاولى ، يجب ان تكون باللغة العربية . ولا يتوقع من طلاب المدارس ممن هم دون سن الرابعة عشرة ، مثلا ، ان يتعلموا حل المسائل بلغة اجنبية فوجود لغات على نمط لغة لوغو وبيسك وبرولوك باللغة العربية للاغراض التعليمية امر ضروري لترسيخ مفاهيم وتراكيب تقنية المعلومات لدى

الطلاب . ويأتي دور المقررات والكتب المنهجية في مثل هذه الحالات ليكون العون الرئيس للتدريسي في استنباط الامثلة . ويسبق ذلك برامج تدريبية للتدريسيين متزامنة مع البدء بالمقررات الجديدة . فبدون ذلك ستكون الهوة واسعة ما بين التدريسي والكومبيوتر من جهة وما بين الطالب والكومبيوتر من جهة ثانية . وخلافا للمقررات التعليمية الاخرى التي يمكن تدريسها دون اجهزة مختبرية لا يمكن تدريس موضوع الكومبيوتر دون الاعتماد على جهاز مايكروكومبيوتر شخصي على الاقل ، وعلى شبكة مترابطة الكومبيوترات مختلفة الاحجام في الحالات المثالية .

٣-٢ المهنة والاختصاصات العاملة في البرمجيات

صاحب دخول الكومبيوتر في البلدان العربية في الستينات ولحد الآن ظواهر خاصة بالمنطقة العربية الى حد كبير قد لا يوجد لها مشابه في البلدان الاخرى .

اكثر الذين اتجهوا للعمل في مجال الكومبيوتر من الشباب العربي كانوا ولا زالوا الى حد كبير ، من الاختصاصات الهندسية والعلمية بالرغم من ان النسبة الكبرى من التطبيقات السائدة في المنطقة كانت ولا زالت ، تطبيقات ادارية وتجارية . ويعود هذا الاستقطاب الى ان خريجي الاختصاصات الهندسية والعلمية العربية هم اكثر الخريجين ممارسة لامرين مهمين هما من مستلزمات العمل على الكومبيوتر ، الاول : اتقانهم اللغة الانكليزية مقارنة بغيرهم من الخريجين . والثاني : تطبعهم على المنطق الرياضي التحليلي في تعاملهم مع الموضوعات التي درسوها في الجامعات .

فالمراقب لحقل العمل في الكومبيوتر في معظم البلدان العربية في الستينات والسبعينات على وجه الخصوص يرى العديد من المهندسين وخريجي فروع الفيزياء والرياضيات يعملون كمبرمجين لانظمة حسابية وادارية والذي حظي منهم بفرص افضل اتجه نحو برمجيات المنظومة واستطاع ان يدخل في تفاصيل برامج التشغيل واللغات البرمجية الا ان عدد هؤلاء قليل . وقد اختلف هذا الاتجاه نسبيا في الثمانينات بعد ظهور المايكروكومبيوتر الا انه لم يتغير كليا . فالذي حصل ان عددا من الجامعات العربية اصبحت تخرج اعدادا محدودة من اقسام علم الكومبيوتر الذي بدأ ينتشر بشكل ملحوظ في بعض البلدان العربية الا انه لا زال غائبا في البلدان العربية الاخرى .

نتج جراء هذا الواقع امران :-

الاول : الهدر الواضح في التخصصات التي يمتلكها خريجو الدراسات الهندسية والعلمية في اختصاصات ذات علاقة غير مباشرة بالكومبيوتر اذ لا تتاح لهم ممارسة ما تعلموه في الجامعات بعد التخرج .

الثاني : بعد هذه التخصصات عن الخلفية الاكاديمية المطلوبة لتصميم التطبيقات الادارية والتجارية وحتى الهندسية مما ادى الى فقدان المستفيدين الثقة في التعامل مع الكومبيوتر لصعوبة التفاهم مع المبرمجين ومحللي الانظمة .

ولقد دفع جميع الاطراف ثمنا باهظا لهذه الحالة ، فالادارات العليا لم تحقق الاهداف التي من اجلها ادخلت الكومبيوتر في مؤسساتها ، او على الاقل لم تحققها في فترات زمنية معقولة او اقتصادية . وعانت الادارات المستفيدة من فشل الانظمة المبتكرة او على الاقل مقاومة منتسبي هذه الادارات للأنظمة الجديدة .

من الامور التي يشكو منها حقل تقنية المعلومات في البلدان العربية ضعف الاحصائيات والارقام التي يمكن مقارنتها ما بين بلد عربي وآخر من ناحية وما بينها وبين بلدان وكل العالم الأخرى . ويرجع سبب ذلك الى غياب الجهة العربية المسؤولة بشكل واضح ومباشر عن هذا الحقل المهم . وقد حاولنا الحصول على بعض المعلومات التقريبية عن بعض البلدان العربية وهي لا تشكل عينة وافية يمكن الاستنتاج على اساسها . فالجدول (١) يبين تراوح النسب المئوية المكونة لاختصاصات الكومبيوتر في عدد من البلدان العربية .

وقد لا تكون هذه التراوحات مختلفة عن النسب العالمية في البدان الاخرى ومن الصعوبة بمكان معرفة نوعية وكفاءة هذه المستويات الا ان تعثر التطبيقات في البلدان العربية قد يقودنا الى الاستنتاج بان النوعية ليست بالمستوى المقبول .

اما اعداد العاملين الاجمالية التقريبية لبعض البلدان العربية فمبينة في الجدول (٢) الذي يبين ايضا نسبة هؤلاء العاملين لكل مليون نسمة وكذلك نسبة المواطنين لغيرهم لبعض دول الخليج العربي (المملكة العربية السعودية والكويت) .

ويمكن الاستنتاج من الارقام المبينة في الجدول (٢) وبكثير من التقريب واذا ما صح اعتبار هذه الدول عينة مقبولة لباقي الدول العربية ، ان مجمل العاملين في البلدان العربية في مجال الكومبيوتر هو بحدود (٢٢٠٠٠) اذا ما اعتبرنا ان عدد سكان البلدان العربية هو (١٣٠) مليون نسمة .

لقد وسعّ ظهور المايكروكومبيوتر رقعةمهن الكومبيوتر في البلدان العربية ، وساعد ذلك ايضا فتح عدد من الجامعات العربية تخصصات ذات علاقة بالكومبيوتر ضمن اقسامها او تكوين اقسام جديدة لعلم الكومبيوتر فيها .

من خصوصيات حقل الكومبيوتر ارتباطه الوثيق بامرين اساسيين ، الاول : هو ان تعليم الشباب علوم الكومبيوتر لا يمكن ان يتم بشكل متكامل وفعّال دون الاعتماد على اللغة الام في تدريس المفردات بكافة جوانبها التحليلية والتركيبية ولا يعني ذلك بالضرورة استخدام لغات عربية للبرمجة فذلك امر ثانوي ، انما ضرورة توفر المراجع والادلة والكتب المنهجية باللغة العربية لتعليم الشباب تراكيب الكومبيوتر والمعلومات والخوارزميات اللازمة لحل المسائل .

والامر الثاني : إيجاد الحلول الصحيحة وتصميم النظم التطبيقية المردودة لكسب ثقة المستفيدين من الكومبيوتر في مرافق المجتمع المختلفة للتفاعل بصورة افضل مع نظم المعلومات والعاملين على تصميمها وبرمجتها وتقليص الحلقات الوسيطة ما بين المستفيد والكومبيوتر .

ولا يوجد في معظم البلدان العربية فيما عدا بعضا منها جمعيات او نقابات مهنية تحتضن العاملين في الكومبيوتر ولا توجد اللقاءات المهنية التي يتشاور فيها الاختصاصيون بعضهم مع الآخر . كما ان الشركات الاجنبية لا تحاول في معظم الحالات تكوين رابطات لمستعملي أجهزتها في معظم البلدان العربية .

٢-٤ الوحدات الأنتاجية للبرمجيات

لم تتكون في الاقطار العربية وحدات واضحة للبرمجيات ، بل بقي العمل البرمجي تابعا بشكل او

	النسبة المئوية
مدراء	٣ ـ ٩
محللو انظمة	٧ ـ ٩
مبرمجون	١٦ ـ ٢٩
مشغلون	١٤ ـ ١٨
مهندسون	٣ ـ ١٠
مدخلو بيانات	٣٣ ـ ٥٠

جدول (١) تراوح نسب اختصاصات الكومبيوتر في بعض البلدان العربية

البلد	العاملون في الكومبيوتر (١٩٨٥)	نسبة المواطنين لغيرهم	عدد السكان (مليون)	عموم العاملين لكل مليون نسمة	العاملون المواطنون لكل مليون
السعودية	٢٠٠٠	٣١٪	٩	٢٢٢	٦٩
الكويت	١١٠٠	١٩٪	١,٨	٦١١	١١٦
العراق	٢٠٠٠	١٠٠٪	١٥	١٣٣	١٣٣
الاردن	١٥٠٠	٩٥٪	٣,٥	٤٢٩	٤٢٠
سوريا	٥٠	١٠٠٪	٩	٦	٦
	٦٦٥٠		٣٨,٣		

جدول (٢) نسب العاملين في الكومبيوتر لبعض الدول العربية

يأخر الى الأجهزة اما من خلال المراكز التقليدية للكومبيوتر او من خلال فروع او وكالات بعض الشركات الاجنبية المعروفة . وهناك بعض الحالات المحدودة لشركات حاولت ان تنشأ وتتطور مع منتصف السبعينات في اقطار عربية مثل لبنان وبعض دول الخليج العربي الا انها تركت تخصصها البرمجي بعد ظهور المايكروكومبيوتر واتجهت نحو تسويق الأجهزة والبرمجيات الجاهزة وحاول بعض منها تبني بعض المحاولات التطويرية للتعريب او معالجة الكلمات ونجحت الى حد ما في سد جزء من حاجة السوق لمثل هذه الوسائل . الا انه لم تظهر بيوت او شركات للبرمجيات متوسطة الحجم او كبيرة للقيام بمشاريع برمجية ضخمة الحجم نسبيا فيما عدا حالات محدودة جدا .

كما قامت بعض المؤسسات الحكومية في بعض الاقطار العربية بتقديم خدمات برمجية لبعض المستفيدين وأتاحت لهم استخدام أجهزتها لقاء اجور . الا ان مثل هذا العمل لم يأخذ الطابع المهني الكافي وبقيت العديد من هذه الخدمات مفتقرة الى الاساليب الصحيحة والمستوى المهني المقبول .

ومن المفيد جدا قيام جهة اقليمية بمسح الوحدات الانتاجية للبرمجيات بمختلف احجامها على مستوى الاقطار العربية للوقوف على مثل هذه القابليات ومدى نشاطها الحالي والوسائل الفاعلة التي على الحكومات اتباعها لتنشيط هذه الصناعة التي يمكن ان تأخذ اشكالا واحجاما متباينة تتراوح ما بين الوحدات الصغيرة التي لا يتعدى عدد العاملين فيها الخمسة افراد الى وحدات متوسطة او كبيرة يبلغ اعداد العاملين فيها بضع عشرات او مئات .

٥.٢ محددات النمو

يمثل الشد ما بين العرض والطلب اهم العوامل التي تؤدي الى نمو اي صناعة من الصناعات في بلدان العالم الا ان بعض الحكومات في العديد من الدول المتقدمة تحاول خلق البيئة المناسبة لترويج صناعة معينة دون اخرى . ففي بداية الثمانينات على سبيل المثال قامت كل من الحكومة الالمانية الاتحادية والحكومة البريطانية باتخاذ اجراءات استثنائية لترويج الكومبيوتر في التصاميم الهندسية (computer aided engineering) لقناعتها بأهمية هذه التكنولوجية لدعم التصاميم الهندسية عموما ومن ناحية اخرى لأهمية امتلاك الشركات القابلية التنافسية في هذا المجال مقارنة بالشركات اليابانية والامريكية . وذهبت الحكومة الالمانية في دعم ادخال الوسائل البرمجية للتصميم الهندسي للشركات المتوسطة والصغيرة الى تقديم معونات مالية تقارب ٤٠٪ من قيمة استثمار هذه الشركات في شراء الاجهزة والبرمجيات .

ومن ناحية الأنشطة المهنية فقد احتضنت العديد من الجمعيات والمنظمات المهنية نشاط البرمجيات بالرغم من ضعف الصلة في بعض الاحيان واصبحت البرمجيات بعد فترة قصيرة جزءا لا يتجزأ من نشاط هذه الجمعيات .

اما التشريعات وسلوكية المهنة والحفاظ على الملكية الفكرية وبراءات الاختراع والعقود القياسية وحماية المستفيد فقد وفرتها الحكومات بالتعاون مع المؤسسات المهنية والشركات العاملة في هذا المجال .

اما في البلدان العربية فلا زال الترويج الرسمي لهذه التكنولوجيا محدود جدا وقد سمحت بعض الدول العربية لاعفاء ادخال أجهزة الكومبيوتر من الرسوم الكمركية

على سبيل المثال الا انها لم تعف القطع الالكترونية من هذه الرسوم مما جعل شراء الأجهزة والالواح المجمعة من الخارج ارخص من تجميعها في الداخل ، ولا يعتقد ان ذلك كان متعمداً ، بل لأن مفهوم الصناعة الالكترونية وترابطها العضوي مع البرمجيات لازال غير واضح لدى العديد من المسؤولين في الدول النامية . وتعريف الصناعة التقليدية لازال السائد في مؤسسات هذه الدول .

ولا توجد لحد الأن تشريعات واضحة ومقاييس للعمل البرمجي وسبب ذلك يرجع الى ضعف الخبرة لدى ادارات الدول النامية ولغياب المنظمات المهنية التي تعنى بالبرمجة .

والسبب الاهم من هذا وذاك غياب التطبيقات المعقدة والمتشعبة التي ترفع من مستوى العمل البرمجي في مرافق المجتمعات النامية وعدم وضوح الدور الذي يمكن ان تلعبه الكومبيوتر وبرمجياته في هذا المجال .

٦،٢ تجربة البرمجيات في القطاع الصناعي العراقي (٣)

لعل من المفيد استعراض تجربة عملية لانشاء مركز لنظم البرمجيات في القطاع الصناعي لدولة عربية هي العراق ذلك لما لهذه التجربة من مؤشرات جديرة بالاهتمام ضمن سياق الموضوع . وتجربة البرمجيات في القطاع الصناعي العراقي مثال واضح لما يمكن لصناعة البرمجيات النمطية ان تحقق من عوائد تكنولوجية واقتصادية . ويرجع تاريخ المشروع لعام ١٩٧٤ حيث قامت لجنة متخصصة في وزارة الصناعة العراقية بدراسة واقع التطبيقات التي يمكن كمبترتها على مستوى الوحدات الانتاجية وتوصلت الى تحديد عدد من هذه التطبيقات التي تشترك فيها كافة الوحدات الصناعية وبالتالي يمكن النظر لها كتطبيقات نمطية يمكن ان تستخدم من قبل جميع هذه الوحدات .

وعلى ضوء ذلك اعتمدت الوزارة فكرة شراء عدد من الميني كومبيوترات (HP3000) تم نصبها في عشرين منشأة صناعية عراقية وتخصيص منظومة اضافية لاغراض تطوير البرمجيات بشكل مركزي وتم نصب وتشغيل جميع هذه المنظومات خلال العامين ٧٦ و ٧٧ وقام فريق العمل المسؤول عن التطبيقات بتصميم وبرمجة عدد من التطبيقات النمطية لخدمة هذه المنشآت . وعلى اثر النجاح الذي تحقق خلال المرحلة الاولى من المشروع (٧٦-٧٨) اضيفت اعداد اخرى من نفس النوع من الكومبيوترات الى منشآت صناعية اخرى . ويبلغ عدد المنشآت المغطاة بالبرمجيات النمطية الأن اكثر من ٣٥ منشأة صناعية موزعة ما بين وزارتي الصناعة والصناعات الثقيلة . يتم خدمتها من النواحي البرمجية والتشغيلية من خلال مركز لتطوير الأنظمة مرتبط بوزارة الصناعة يقدم الخدمات جميعها على اسس اقتصادية . فهو مركز ربحي (profit centre) يموّل نفسه بنفسه من خلال العوائد السنوية التي يحققها في مجال تطوير الأنظمة وتقديم خدمات ما بعد النصب الى الجهات المستفيدة . ويقوم المركز الأن بنشر استخدام البرمجيات الخاصة بالمايكروكومبيوتر في المنشآت الصناعية المختلفة ويبلغ عدد التطبيقات

(٣) الشهرستاني ، عبد الاله ، تجربة القطاع الصناعي في نقل تقنية المعلومات في العراق ، مجلة التعاون الصناعي - منظمة الخليج للاستشارات الصناعية ، العدد ٢١ - يوليو ١٩٨٥ - قطر

الجاهزة التي يسوّقها على كافة المستويات اكثر من ١٥ حزمة برمجية جاهزة . وينظم ما يقارب من ٣٠ دورة عملية متخصصة سنويا يشارك فيها اكثر من ٦٠٠ منتسب من منتسبي القطاع الصناعي . اما الخدمات البرمجية والفنية فيتم الاستجابة لها من خلال الاتصال الهاتفي او الزيارات المباشرة اضافة الى استخدام المطراف عن بعد لحل مشاكل المنظومات البعيدة توفيرا لوقت الاختصاصيين العاملين على النظم .

يبلغ عدد العاملين في المركز بحدود ٤٥ منتسبا وفر هؤلاء للمنشآت التي يخدمونها هذا العدد من الاختصاصيين مضروبا في عدد المنشآت الذين يصعب توفيرهم في ٣٥ منشأة صناعية موزعة في كافة محافظات العراق .

٣- البرمجيات والمستقبل

٣-١ الاعتماد على الذات

لا توجد تكنولوجية تعتمد على البيئة الثقافية والاجتماعية قدر تكنولوجيا المعلومات عموما والبرمجيات على وجه الخصوص ، ذلك لأن البرمجيات تعبر عن اساليب عمل مرتبطة بكيفية قيام وحدة ديناميكية باعمالها باسلوب متسلسل . وبسبب هذا الترابط اصيب معظم المحاولات لاستيراد البرمجيات التطبيقية الجاهزة للاساليب الادارية والحسابية وحتى الصناعية الى الدول النامية بالفشل . ونجاح بعض المحاولات المحدودة لاستيراد مثل هذه البرمجيات كانت على حساب التخلي عن امور وتقاليد ذاتية اولها اللغة الام للمجتمع .

من هذه الملاحظة يمكن القول ان البرمجيات عموما والبرمجيات التطبيقية على وجه الخصوص يجب ان تولد وتترعرع ذاتيا ضمن المجتمعات المتجانسة حضاريا . والوطن العربي رقعة جغرافية غير صغيرة لها خصوصياتها اللغوية والحضارية التي تبرر قيام مثل هذه الوحدات التي تعنى بالبرمجيات .

من العثرات الاساسية التي تعوق انتشار تكنولوجيا الكومبيوتر في البلدان العربية غياب الترابط المصيري ما بين هذه التقنية والحاجة الاجتماعية واقتصادية . فمهما قيل ويقال عن اهمية هذه التكنولوجيا فالحركة الذاتية لها ضمن المجتمع لا يمكن ان تنطلق دونما اكتشاف الحاجة الاقتصادية والاجتماعية للانطلاق . فلا يكفي ان نشجع هذه التكنولوجيالكونها ظاهرة حضارية سبقتنا فيها امم اخرى . ولا يكفي ايضا للحكومات ان تخصص المبالغ الضخمة في ميزانياتها لشراء الأجهزة والمعدات دون ان تنتبه الى البنى الارتكازية المطلوبة لتنمية هذه التكنولوجيا . ففي اكثر دول العالم الثالث تعتبر مراكز الكومبيوتر معارض لاطلاع الزوار ولاقناعهم بايمان الادارات العليا بالتطور التكنولوجي . وفي كثير من مؤسسات العالم الثالث تدخل مراكز الكومبيوتر في دوامة العمل اليومي فتصبح جزءا من الجهاز البيروقراطي للمؤسسة وتضيع الاهداف وتصبح اليوميات والتوسعات وتهيئة الواقع والندوات والدورات والتخصيصات والتوظيف هي الاهداف بدلا من كونها الوسائل .

لقد حاولت في الآونة الاخيرة الرجوع الى العديد من الدراسات التي اعدتها بعض المنظمات العربية والاقليمية المهتمة بالصناعة فلم ار بين اي منها اشارة الى اهمية البرمجيات كصناعة استراتيجية . من

خصائص هذه الصناعة الجديدة انها لا تحتاج الى موارد مادية كبيرة انما تعتمد على النتاج الفكري والتطبيقي للافراد والمجموعات فصناعة البرمجيات ستكون الصناعة الفاصلة لاستغلال الالكترونيات في كافة القطاعات العسكرية والامنية والمدنية وستكون الدول الرائدة في التنمية خلال العقود القليلة القادمة هي الدول التي يمكنها تطوير قدراتها الذاتية في مجال البرمجيات . فلم تعد القطع الالكترونية الناتج النهائي الاستراتيجي للبلدان المتقدمة بل ما يخزن فيها من برمجيات تفصل ما بين استخدام وآخر بالرغم من تعاملها مع نفس القطعة الالكترونية . وحتى تعترف الحكومات العربية باهمية صناعة البرمجيات وتفهم محتواها وترعى العاملين فيها ستبقى تكنولوجيا المعلومات متعثرة .

معوق آخر هو التعليم المدرسي والجامعي . ففي العديد من البلدان العربية لا تزال المدارس والجامعات تعتمد اسلوب الحفظ وزيادة كمية المعلومات التي معيارها الوحيد قابلية الطالب على تذكر ما قرأه في الكتاب المقرر لغرض الامتحان ولم تطور المدارس والجامعات القابليات الذاتية للطلاب على التحليل والاستنتاج واساليب وضع الحلول الدقيقة العامة (الخوارزميات) لمجموعة المسائل الخاضعة لقواعد مشتركة . وللأسف فان من اهم الاسس التي تعتمد عليها تكنولوجيا المعلومات هي القابليات التحليلية والتركيبية .

في دراسة اعدت عام ١٩٨٤ من قبل برنامج الامم المتحدة للتنمية / المكتب الاقليمي للدول العربية عن واقع حال تكنولوجيا المعلومات في بعض الدول العربية تم تشخيص محاور اساسية تكمن فيها مشاكل ومعوقات تنمية التكنولوجيا في هذه الدول منها :ـ

ـ في مجال سياسات تكنولوجيا المعلومات ـ وبالرغم من الاهتمام الظاهري لكافة الحكومات باهمية هذه التكنولوجيا الا ان التنسيق الاقليمي وتبادل الخبرات والتقييس في المنطقة العربية ضعيف جدا .

ـ في مجال ادارة التكنولوجيا والتبعات الاجتماعية والاقتصادية ـ بينت الدراسة ضعف التخطيط وغياب المعايير الاقتصادية والاجتماعية في اختيار التطبيقات . وبالمقابل غياب الوعي الاجتماعي والاقتصادي لمستقبل هذه التكنولوجيا وتقييمها . فالعديد من التطبيقات الضرورية للمجتمعات النامية في مجالات الهندسة والطب والزراعة ورفع مستوى الفرد تكاد تكون مفقودة بينما يتم التركيز على التطبيقات الادارية والخدمية والتوثيقية .

ـ في مجال التعليم والقوى العاملة ـ لا يكفي تدريب وتعليم الاعداد المحدودة من العاملين في مجالات الكومبيوتر دون تطوير القابلية لدى هؤلاء على تدريب الآخرين ، وانتقدت الدراسة كذلك مستوى التعليم الجامعي في مجال الكومبيوتر والنقص الواضح في الكوادر التعليمية المؤهلة لتدريس موضوعاته المختلفة . كما اشارت الدراسة الى هجرة العديد من المتخصصين في هذه المجتمعات الى مجتمعات توفر لهم وسائل ممارسة المهنة والدخل المناسب معا .

كما اشارت الدراسة الى غياب التفاعل الافقي ما بين العاملين وذلك بسبب غياب الجمعيات المهنية التي تحتضنهم وترعى تطويرهم .

ـ في مجال اللغة ـ اعتمدت الدراسة بامرين اساسيين الاول مستوى اتقان الخريجين للغة الاجنبية ومدى قابليتهم على متابعة اختصاصهم بلغة اجنبية والثاني اهمية توفير الاجهزة والوسائل التي يمكنها التعامل باللغة العربية .

٣ـ٢ الترابط ما بين البرمجيات والحقول التكنولوجية الأخرى

يتحدث العديد من المهتمين بالكومبيوتر عن ان تكنولوجيا المعلومات مستلزم بنيوي اساسي (infrastructural) للعديد من الوسائل التكنولوجية الأخرى ذلك لأن من الصعب التطرق الى اية تكنولوجية في اي حقل من حقول المعرفة مالم يكن للكومبيوتر دور فيه بشكل او بآخر ولا اعتقد ان ذلك يختلف عليه احد . الا ان تطور الالكترونيات وزيادة معوليتها وسرعها والتوسع في تقييسها جعلت من الجزء المادي لتكنولوجيا المعلومات الجزء الاسهل نسبيا من الجزء البرمجي . فاذا قلنا ان تكنولوجيا المعلومات مستلزم بنيوي للتكنولوجيات الاخرى يمكننا القول في نفس الوقت ان البرمجيات بمعناها الواسع (الدقيق والعالي) هي مستلزم بنيوي لتكنولوجيا المعلومات . وسيصبح من السهولة الحصول على المعدات المادية باشكالها المختلفة على هيئة قطع الكترونية او وحدات الا ان الفصل ما بين الاستغلال وعدمه لهذه المعدات والقطع سيتحدد في البرمجيات المحملة وهل استوعبها مستخدمها ام لا . ما الذي سيحصل عندما يتعطل البرنامج عن العمل ؟ هل يمكن استبدال البرنامج العاطل بنفس السهولة التي يمكننا بها استبدال القطعة الالكترونية ؟ وهل يمكننا الانتظار دائما للحصول على المعرفة لتصليح البرنامج العاطل من عبر الحدود ؟ كل هذه الاعتبارات تؤشر الى اهمية البرمجيات وضرورة رعايتها من قبل الحكومات لكي يتحقق نوع من الاستقلال او الكفاية التكنولوجية في هذا الحقل الاستراتيجي الهام .

٤ـ الاستنتاجات

قد يكون من المفيد استنتاج بعض الاتجاهات التكنولوجية التي على المعنيين تشجيعها في الوطن العربي لكي تروج صناعة البرمجيات في البلدان العربية .

(١) البرمجيات صناعة لاتحتاج الى استثمارات مادية عالية بل تعتمد بالدرجة الاولى على النتاج الفكري البشري لذا فان مايقارب ٨٠٪ من استثمارات بيوت البرمجيات هي عبارة عن رواتب واجور ، اما المعدات المستوردة لمثل هذه الصناعة تكلفتها متواضعة نسبيا .

(٢) ضرورة الاسراع في ادخال تعليم تكنولوجيا المعلومات في المراحل الدراسية المبكرة وتشجيع المؤسسات التي تنتج البرمجيات التعليمية للطالب العربي لتوفير المعدات والبرمجيات اللازمة وتشجيع التأليف لهذا المستوى من التعليم .

(٣) ضرورة تحرك الجمعيات والنقابات المهنية الهندسية لوضع الاسس اللازمة لتحديد مؤهلات المهندسين العاملين في البرمجيات والاعتراف بهم أعضاء عاملين ضمن هذه المنظمات .

(٤) ضرورة قيام المنظمات الاقليمية الصناعية بمسح واقع التكنولوجيا في البلدان العربية وتخصيص الموارد

اللازمة لوضع الاتجاهات التكنولوجية اللازمة على مستوى الوطن العربي .

(٥) ضرورة تشجيع الحكومات من خلال مؤسساتها الصناعية اقامة المشاريع الصناعية الصغيرة والمتوسطة لصناعة البرمجيات وحث مثل هذه الشركات الصغيرة على التعاون التكنولوجي الوثيق مع الشركات المماثلة في البلدان المتقدمة وكذلك التعاون ما بينها لوضع الاسس والقواعد الصحيحة للعمل المهني السليم .

(٦) توضيح خطورة اسلوب المشاريع الجاهزة للبرمجيات التي تعطى للشركات الاجنبية كاملة دون وجود الرديفاء المحليين الذين يضمنون ديمومة صيانة مثل هذه النظم بعد تركيبها .

(٧) العمل على وضع العقود القياسية للمشاريع البرمجية وقواعد سلوك مناسبة يهتدى بها عند التعاقد .

* * *

معركة حطين: خلفياتها ودلالاتها

جوزيف نسيم يوسف

استاذ تاريخ العصور الوسطى
بكلية الآداب - جامعة الاسكندرية

تعتبر معركة حطين من أكبر المعارك في تاريخ الحروب الصليبية إن لم تكن أكبرها على الاطلاق . ولم تكن هذه المعركة وليدة يوم السبت الخامس والعشرين من شهر ربيع الآخر عام ٥٨٣ هـ (٤ يوليو ١١٨٧م) ، انما كانت نهاية طبيعية وحتمية لظروف وعوامل عديدة سبقتها بعشرات من السنين . ثم إن النتائج التي ترتبت عليها لحكمت ، الى حد بعيد ، في مصير الحركة الصليبية نفسها بصفة عامة ومصير الوجود الصليبي في الأراضي المقدسة على وجه الخصوص . ويتناول هذا البحث الخلفيات والاعتبارات التي أدت الى المعركة ، والآثار التي ترتبت عليها ، دون الدخول في تفاصيل المعركة نفسها الا بالقدر الذي يخدم هذه الدراسة .

للتعرف على الظروف التي هيأت الجو لمعركة حطين ، وتحديد مكان تلك المعركة في الصراع الصليبي الاسلامي بعامة ، وجهاد صلاح الدين ضد الصليبين بخاصة يحسن تناول بعض الأفكار العامة بالدراسة المركزة .

في ٢٧ نوفمبر ١٠٩٥ م ألقى البابا الروماني اربان الثاني (١٠٨٨ - ١٠٩٩ م) من مدينة كليرمون بجنوب فرنسا ، خطبته الملتهبة التي كانت ايذانا ببداية الحروب الصليبية[1] . وكانت صيحة المستمعين جملة صغيرة في عدد كلماتها خطيرة في مدلولها هي « هذه هي ارادة الله » ، فكانت أبلغ تعبير عن حقيقة هذه الحروب ودوافعها البعيدة المدى ، وان كانت قد

(١) أنظر نص الخطبة في المصادر اللاتينية التي عاصر أصحابها مؤتمر كليرمون والحرب الصليبية الأولى :

Foucher de Chartres, Gesta Francorum Iherusalem Peregrinantium, ed. R.H.C.-H. Occ., III (Paris, 1866) 323-4; Robert le Koine, Historia Iherosolimitana, ed. R.H.C.-H. Occ., III, 727-30; Baudri de Bourgueil, Historia Jerosolimitana, ed. R.H.C.-H. Occ., IV (Paris, 1879), 12-5; Guibert de Nogent, Historia quae dicitur Gesta Dei per Francos, ed. R.H.C.-H. Occ., IV, 137-40.

اتخذت من الدين ستارا لها ، في وقت هيمنت الكنيسة اللاتينية على مقدرات الافراد وعلى حياتهم الخاصة والعامة . وقد اصطلح المؤرخون الغربيون القدامى على تعريف تلك الحروب بأنها « حروب جامعة » قام بها أهل الغرب المسيحي ضد العالم العربي الاسلامي ، وبخاصة في منطقة الشرق الأدنى ، بقصد تحرير بيت المقدس وتخليص قبر المسيح (٢) . وليس هذا بمستغرب في عالم كان يرتكز على الناحية الدينية التي اعتبرت الأساس الأول للحياة والفكر في المجتمع الغربي الوسيط . واستمر هذا التعريف متواترا في مؤلفات المؤرخين الغربيين حتى العقود الأولى من القرن العشرين (٣) . ولكن أحدث البحوث التاريخية المحايدة أثبتت ، مثلما أثبت الواقع والتاريخ ، أن الحروب الصليبية هي حروب قام بها أهل الغرب الأوروبي ضد العالم العربي الاسلامي ، تحت رداء الدين استجابة لنداء البابوية وبتوجيه منها ، بقصد الاستيلاء بالقوة المسلحة على بيت المقدس في قلب فلسطين ، وتأسيس « مملكة » لهم بها ، ثم العمل على تعزيز هذه المملكة وتوسيع حدودها والمحافظة عليها بشتى الطرق والوسائل ، لتكون نقطة ارتكاز لهم يتوسعون منها على حساب البلدان العربية المجاورة (٤) . واعتبارا من أواسط القرن العشرين بدأت هذه النظرة المحايدة تظهر في مؤلفات عدد من المؤرخين الغربيين الحديثين ، وعلى رأسهم رينيه جروسيه ، وليس هالفن ، وجورج تريفيليان ، وبرنارد لويس (٥) .

ولم تكن هذه الحركة التي تركت آثارها لقرون عديدة تالية فجائية ، أو نتاج عامل بالذات دون عوامل أخرى . لقد كانت حصيلة قرون عديدة سبقتها ، وعوامل متعددة متفاوتة التأثير أدت اليها . ولايكاد يخلو كتاب من كتب الحروب الصليبية أو أحد فصولها من الاشارة الى ذلك جملة أو تفصيلا وهناك مدارس عديدة تختلف في أسلوب تناولها لهذه الحركة ودوافع قيامها فثمة فريق تناول دوافعها من مختلف الزوايا ، من سياسية واقتصادية واجتماعية وفكرية ودينية وعسكرية وغيرها . بينما نظر اليها فريق آخر نظرة موضوعية شاملة من أعلى ، مع ربط مختلف الظروف والأحداث بعضها ببعض وصولا للحقيقة . وثمة فريق ثالث قسم أسباب قيامها الى جوهرية غير مباشرة ترجع الى مئات السنين قبل اندلاعها ، وثانوية مباشرة أدت الى إشعال شرارتها الأولى التي لم تنطفىء الا بعد ثلاثة قرون من بدايتها . وحرص هذا الفريق على تحليل كل عامل على حدة ، مع ربط كل العوامل آخر الأمر في وحدة واحدة متداخلة في بعضها ، متفاعلة فيما بينها ، عبر فترات من الزمن ممتدة متباعدة . وصاحب هذا البحث ينتمي الى المدرسة الأخيرة (٦) . وفي ضوء هذا المفهوم كان منهجه في تناوله لمعركة حطين : خلفياتها ودلالاتها .

واذا أمعنا النظر في الحركة الصليبية سوف نجد أنها تمثل دورا هاما من أدوار الصراع بين العالمين الأوروبي

(٢) "..... Hoc enim non fuit humanum opus, sed divinum". Cf. Robert le Moine, op. cit., ed. R.H C.H. Occ., III, 723.

(٣) Riant, P., "Inventaire critique des lettres historiques des Croisades," A.O.L., I (Paris, 1881), 2.

(٤) انظر جوزيف نسيم يوسف : العرب والروم واللاتين في الحرب الصليبية الأولى ، ط . خامسة (الاسكندرية ١٩٨٧) ، ص ٧٢ وما يليها .

(٥) Grousset, R., The Sum of History, tr. by A.&H. Temple Patterson (Oxford, 1951), 181, 182; Halphen, L., L'Essor de l'Europe (XIe-XIIIe siecles) (Paris, 1941), 4ff., 46ff., 63ff.; Trevelyan, G.M., A Shortened History of England (Aylesbury, 1960), 141; Lewis, B., The Arabs in History (London, 1958), 150.

(٦) انظر جوزيف نسيم يوسف : الاسلام والمسيحية وصراع القوى بينهما في العصور الوسطى (الاسكندرية ١٩٨٦) ، ص ١٨١ — ١٩٠ .

المسيحي والعربي الاسلامي في العصر الوسيط ، ذلك الصراع الذي امتد من القرن السابع حتى القرن السادس عشر الميلادي . وهي تمثل ، في ذات الوقت ، مرحلة رئيسية من مراحل الصراع الممتد بين شقي العالم منذ القدم وحتى اليوم . فهي ، اذن ، حلقة في السلسلة الطويلة المتصلة من الكفاح السياسي والحضاري عبر العصور ، منذ حروب طروادة وحروب الفرس واليونان والرومان والبيزنطيين وحتى صراعات اليوم [6] . وعلى هذا الأساس يمكن ، أيضا ، تفهم الظروف التي هيأت الجو لمعركة حطين واسترداد صلاح الدين لبيت المقدس .

على أية حال ، منذ ألقى اربان الثاني خطبته في كليرمون ، والاستعدادات كانت قائمة على قدم وساق للحملة الصليبية الأولى (١٠٩٦ ـ ١٠٩٩ م) ، التي انتهت . كما هو معروف ، بتأسيس امارة الرها في أعالي الفرات (أوائل ١٠٩٨ م) وامارة انطاكية بأعالي الشام (يونيو ١٠٩٨ م) ، ومملكة المقدس في قلب فلسطين (يوليو ١٠٩٩ م) [8] . وهكذا أسس الفرنج مملكتهم ، في مدينة القدس التي كانت في حوزة المسلمين منذ عام ٦٣٧م وحتى ذلك التاريخ ، أي أكثر من اربعة قرون ونصف . وجعلوا على رأسها أحد زعمائهم وهو جودفري الذي قسمها الى امارات اقطاعية وزعها بين أقرانه بعد أن وجدوا في ضعف المسلمين وانقسامهم فرصة ذهبية لتحقيق أحلامهم [7] .

ويرتبط هذا بفكرتين هامتين تتصلان بموضوع البحث : أولاهما تتعلق بأسباب تلك الهزيمة التي مني بها المسلمون في الشرق الأدنى على أيدي الصليبيين والنتائج المترتبة عليها ، وثانيتهما ارتباط ذلك بتوازن القوى في الصراع بين المسلمين والصليبيين آنذاك . أما عن الأولى ، فلاشك أن السبب الرئيسي في نجاح أهل الغرب في الاستيلاء على بيت المقدس لايرجع الى صفات خاصة تميزوا بها دون غيرهم ، كالجرأة أو الشجاعة ، وانما يرجع أولا وقبل أي شيء الى انقسام الشرق الأدنى الاسلامي على نفسه سياسيا ومذهبيا [9] . وقد أوضح ذلك المؤرخ شارل أومان عندما قال انه لو كان الحكام المسلمون قد اتفقوا وتشاك لألحقوا بالفرنج الهزيمة ، ولكنهم بدلا من الاتحاد لمواجهة العدو المشترك ، لم يبذلوا أي جهد لوقف تقدمه في المشرق الاسلامي [11] .

---

(7) Cr. Atiya, A.S., Crusade, Commerce and Culture (Bloomington, 1962), 23-8; Grousset, op. cit., 7-12; Arnold, T. & Guillaume, A. (eds.), The Legacy of Islam (London, 1952), 40-1.

(8) Matthieu d'Edesse, Extraits de la chronique de Matthieu d'Edesse, ed. R.H.C.-Doc. Arm., I (Paris, 1869), 37-43; Michel le Syrien, Extraits de a chronique de Michel le Syrien, ed. R.H.C.-Doc. Arm., I, 328; Foucher de Chartres, op. cit., R.H.C.-H. Occ., III, 496-74; Hagenmeyer, H. (ed.), Anonymi Gesta Francorum et aliorum Hierosolymitanorum (Heidelberg, 1890), 261ff., 353ff.; Raimond d' agiles, Historia Francorum qui ceperunt Iherusalem, ed. R.H.C.-H. Occ., III, 253-7, 291ff.; Albert d'Aix, Historia Hierosolymitana, ed. R.H.C.-H. Occ., IV, 470ff.
انظر أيضا ابن القلانسي (ت ٥٥٥ هـ / ١١٦٠ م) : ذيل تاريخ دمشق (بيروت ١٩٠٨) ، ص ١٣٦ وما بعدها .

(9) Cf. Baldwin M.W., The Mediaeval Church (New York, 1960), 103.

(10) Setton, K.M. (ed.), A History of the Crusades, vol. I: The First Hundred Years, ed. by M.W. Baldwin (Philadelphia, 1958), 96-7; Mahmud, S.F., The Story of Islam (Karachi, 1959), 83, 135, 134.
انظر أيضا المقريزي (ت ٨٤٥هـ/١٤٤٢م) : اتعاظ الحنفا بأخبار الأئمة الفاطميين الخلفا ، جـ ١ (القاهرة ١٩٤٨) ، ص ٢٨٧—٢٩١ .

(11) Oman, C.W.C., A History of the Art of War in the Middle Ages, I (London, 1924), 233.

وليس من العسير أن ندرك أن أهل الغرب كانوا يعلمون تماما أنه بوسع المسلمين في الشرق الأدنى ، اذا اتحدت جهودهم واتفقت كلمتهم ، أن يدفعوا الخطر الصليبي عن المدينة المقدسة . ثم ان المسلمين أنفسهم كانوا يدركون ، هم أيضا ، أن ما أحرزه الفرنج من نجاح سريع انما كان بسبب ضعفهم وانقسامهم . وهذا يرتبط بدوره بفكرة توازن القوى في الصراع بين الفريقين في هذه المرحلة المبكرة من الحروب الصليبية ، وما يرتبط بها من مفاهيم . لقد كان مركز الثقل آنذاك يميل بقوة الى جانب الغرب الذي كان قد أفاق من غفوته بعد قرون طويلة من الفوضى والظلام . هذا بينما كان الشرق الأدنى الاسلامي منقسما على نفسه حسبما أسلفنا . لهذا أخذ الغرب بسياسة المبادأة وقام بدور الهجوم ، الأمر الذي هيأ له فرصة احراز انتصارات خاطفة أثناء الحملة الصليبية الأولى ، انتهت باستيلائه على مدينة بيت المقدس في نهاية القرن الحادي عشر الميلادي . وقد التزم المسلمون وقتها بسياسة الدفاع عن أنفسهم وعن كيانهم بوجه عام واستمر هذا الوضع حتى بعد نهاية الحملة الأولى بسنوات . والدليل على ذلك أن الفاطميين حاولوا مرارا ، ودون جدوى ، استعادة المدينة [١٢] . وهذا يعني أنه مع رجحان الكفة الغربية في بداية الحركة الصليبية ، لم يكن من السهل على المسلمين توجيه أي ضربة مؤثرة ، أو حتى استرجاع ما فقد منهم .

لم ييئس المسلمون ، اذن ، أن ما لحقهم من خسارة وما أحرزه أولئك الدخلاء من مكاسب في بداية حركتهم ، إنما كان في الدرجة الأولى بسبب تمزقهم وضعفهم . وكانوا يدركون جيدا أنهم كلما اتحدوا كان ذلك بشيرا بحركة افاقة تعقبها حملات مضادة على الغزاة . ففي اتحادهم قوة ، وفي قوتهم قضاء على الفرنج وتحرير لبيت المقدس . بينما في انقسامهم ضعف ، وفي ضعفهم خذلان لهم وتمكين لقوة اعدائهم في المنطقة . ومضي السنين أحس المسلمون أن وجود « مملكة » الصليبيين في قلب فلسطين أصبح يشكل خطرا جسيما يجب عليهم المبادرة بالقضاء عليه قبل أن يسرى في بقية أجزاء العالم الاسلامي . وأدركوا أن كل يوم يمر دون توحيد جبهتهم فيه خسارة محققة وتأخير لعملية الجهاد الاكبر . ومع تفاقم الخطر الصليبي ، ظهرت في الأفق بوادر صحوة اسلامية اعتبارا من بدايات القرن الثاني عشر الميلادي ، اذ عمل المسلمون على لم شملهم لمقاومة الفرنج ، وكان ذلك على هيئة وثبات عربية محلية لم تكن قد نضجت بعد في حركة واحدة . ولذلك لم يكن بوسعها تحقيق النصر النهائي على خصومهم وقتذاك [١٣] . ولكن هذا أوجد مايعرف بحالة التوازن بين الفريقين المتصارعين : المسلمون أصحاب الديار والفرنج الدخلاء ، لم يتمكن أي منهما في هذا الدور الثاني من الكفاح من احراز نصر حاسم على خصمه ، وهو الدور الذي تناوله بشيء من الاسهاب والتحليل كل

(١٢) ابن القلانسي : ذيل تاريخ دمشق ، ص ١٣٧ ؛ ابن تغري بردي (ت ٨٧٤هـ/١٤٦٩م) : النجوم الزاهرة في ملوك مصر والقاهرة ، ج ٥ (القاهرة ١٩٣٥م) ، ص ١٤٩ . انظر أيضا المرجع التالي :
Runciman, op. cit., II, 166.

(١٣) Albert d'Aix, op. cit., R.H.C.-H. Occ., IV, 670; Matthieu d'Edesse, op. cit., R.H.C.-Doc. Arm., I, 19-24, 96-7; cf. Ibn al-Athir (d. A.H. 630/A.D. 1234), Tarikh al-Dawla al-Atabkiya Muluk al-Mausil, ed. R.H.C.-H. Or., II, 2e partie (Paris, 1876), 33.

من رينيه جروسيه وستيفن رانسيمان في مؤلفيهما عن الحروب الصليبية [١١].

لم يكن أمام المسلمين في مرحلة التوازن هذه سوى سبيلين لاثالث لهما : اما أن يسدوا على حكام بيت المقدس اللاتين الطريق الساحلي شرقي البحر المتوسط ، ولم يكن هذا بالأمر المستطاع وقتذاك بسبب القلاع والموانيء التي كان الفرنج يتحصنون بها على طول الساحل . ثم ان احراز النصر النهائي عن هذا الطريق لم يكن مضمون النتائج ، بسبب ما قد يحدث من ثغرات داخل الجبهة الاسلامية نفسها قبل استكمال توحيدها قد يستغلها العدو . أما الحل الثاني الذي فرض نفسه ، فهو أن يبادر المسلمون في مصر والشام بتكوين جبهة قوية متحدة من أقصى الشمال الى أقصى الجنوب ، بحيث يمكنها الاطباق على « مملكة » اللاتين في القدس ، وبذلك يصبح من السهل استرداد المدينة وتحرير مقدساتها ، واخراج الفرنج من باقي المعاقل التي يتحصنون بها في بلاد الشام . وسوف يتضح ، فيما بعد ، المغزى المستفاد من عرض هذه القضايا .

هذا ، واذا عدنا الى مدينة بيت المقدس منذ الاحتلال الصليبي لها وحتى معركة حطين ، بينما الأحداث تجري بسرعة فوق الساحة الاسلامية في الشرق الأدنى ، فسنجد أن حكامها اللاتين كانوا يبذلون قصارى جهدهم لتشجيع الغربيين على المجيء اليها والاستيطان فيها ، حتى تزداد أعدادهم ويقوى بذلك مجتمعهم . لقد كانت الحماسة تملأ أولئك القوم عندما قاموا بحركتهم . ولكن ما ان استقروا في الأراضي المقدسة ، واستمتعوا بشمسها الدافئة وأرضها الخصبة ، حتى بدأت الحماسة تخبو تدريجيا الى أن تقلصت وزالت في نهاية الأمر . لقد استهوتهم الحياة الجديدة التي أحلوا بحبوحتها ، وذابوا تدريجيا بين أهالي البلاد الأصليين . وتكشف المصادر اللاتينية ، وكتب الرحالة المسلمين القدامى ، عن ذلك التطور الذي طرأ على الصليبيين فقد اختلطوا بالشرقيين ، وأخذوا من طباعهم وعاداتهم بتصيب ، وتزوج الكثيرون منهم وأنجبوا الأولاد ، وأعدوا أنفسهم للاقامة الدائمة في بيت المقدس وتوابعها من بارونيات وكونتيات واقطاعيات ، ولم يعودوا يفكرون في العودة الى أوطانهم [١٢] وهكذا تأقلم أولئك الفرنج الذين تمشرقوا ، والذين أصبحت الأراضي المقدسة بالنسبة لهم موطنهم الأول بعد أن نسوا أوطانهم الأصلية . وبدأوا يتبلدون فكرة الحرب المقدسة وصارت لهم مصالح تحتم عليهم العيش في دعة وهدوء . وكان طبيعيا الا ينظر الافرنج المتمشرقون الى الافرنج الجدد بعين الرضا والارتياح ، فقد اعتبروهم منافسين ومصدر ازعاج لهم ، بسبب اختلاف المصالح وتضارب المشارب والأهواء [١٣] . وكان هذا الخلاف الذي اتسعت هوته مع الأيام ، من بين العوامل التي ساعدت على انهيار الوجود اللاتيني في الأراضي المقدسة ، والتي مهدت ـ بالتالي ـ لمعركة حطين وما

(١١) Grousset, R., Histoire des Croisades, II (Paris, 1935), 24ff., 310ff., 609ff.; Runciman, op. cit., II, 291ff.

(١٢) ابن منقذ (٥٨٤-٤٨٨هـ/١١٨٨-١٠٩٥م) : كتاب الاعتبار (ليدن ١٨٨٤) ، ص١٩٩ ، وأيضا : Lewis, The Arabs in History, 150-2; Runciman, op. cit., 191; Grousset, Sum of History, 177.

(١٣) "Pullani dicuntur, qui de patre Syriano et matre Francigena generantur." Cf. Joinville, J. de, Memoirs of Louis IX, King of France, tr. by Johnes of Hafod (London 1848), 466 n. 1; Ambroise, The Crusade of Richard Lion-heart, tr. from the old French by M.J. Hubert (New York, 1941), 16; Rey, E., Les colonies franques de Syrie au XIIme et XIIIme siecles (Paris, 1883), 60-1.

حققه صلاح الدين فيها من انتصار ساحق على الصليبيين .

ولمزيد من الايضاح نقول ان التجربة الصليبية كانت تتلخص في قدوم الحملات الغربية لتحقيق أهدافها التوسعية تحت قناع الدين . وبعد انتهاء كل حملة يعود غالبية المغامرين الصليبيين الى ديارهم بالغرب ، بينما تبقى في الشرق أقلية منهم . وحتى هذه الأقلية اما أن تذوب تلقائيا بين الأغلبية العربية وبذلك تنمحى شخصيتها وينتهي كيانها ، واما أن تنزح الى أوطانها بعد قليل . ويرجع ذلك الى أسباب عديدة سياسية واقتصادية واجتماعية داخل أوروبا نفسها تشد أولئك المغامرين اليها . فضلا عن اضطراب الأحوال السياسية والاجتماعية والاقتصادية داخل الأرض العربية المحتلة ، الى جانب المقاومة الاسلامية الشديدة المتزايدة التي كانت تسبب لأولئك الغرباء قلقا بالغا . وأخيرا ادرك الفرنج أن المسلمين يحيطون بهم من كل جانب ، وأنهم اذا الحدوا دفاعا عن وجودهم ومقدساتهم ، فسيطبقون عليهم ويقضون على البقية الباقية منهم . وكانت فترة التوازن في الصراع بين الطرفين قد فرضت نفسها على مسرح الأحداث . ولهذا السبب لم تكن نداءات المجرة ، مثل نداء فوشيه دي شارتر ، أحد مؤرخي الحملة الصليبية الأولى من اللاتين ، تلقى استجابة كافية في الغرب . يضاف الى ماتقدم ، أنه كان من عادة الصليبيين الاستقرار في المدن الساحلية ، وترك المواطنين العرب في القرى يحرثون الأرض ويفلحونها . والنتيجة أن العرب كانوا دائما أغلبية في ديارهم ، بينما الفرنج أقلية ليس هناك رابطة تربطهم بالأرض التي يحتلونها وكان هذا ، من بين العوامل التي أسهمت في تقويض « دولة » اللاتين في القدس ، ومن الخلفيات التي لايمكن اغفالها عندما نتحدث عن انتصار حطين [١٧] . وسيتضح أيضا ، بعد قليل ، المغزى المستفاد من ذلك .

ان الحديث عن ضآلة الوجود اللاتيني في الأراضي المقدسة أثناء الاحتلال الصليبي ، يقودنا بالتالي الى الكلام عن عناصر السكان في المنطقة آنذاك . لم تزودنا مصادر العصر ووثائقه ـ من عربية وأجنبية ـ باحصائيات أو بيانات عددية دقيقة عنها . وكل ما هنالك نتف مبعثرة هنا وهناك يمكن أن نستشف منها بعض البيانات التقريبية غير المحددة . واضح أن عدد الفرنج الذين أقاموا في المملكة ، أثناء حكم اللاتين لها كان ضئيلا . فلم يكن عدد البارونات والفرسان وذويهم ، في أي وقت من الأوقات ، يزيد على ألفين . أما الأطفال الفرنج فقد كان عددهم في تناقص مستمر بسبب موت الكثيرين منهم . واذا أضفنا الى هؤلاء ، الفرسان التابعين للجماعات الرهبانية العسكرية وبقية رجال الدين التابعين للكنيسة اللاتينية في القدس ، فقد كان عددهم ينحصر بين ألفين وثلاثة آلاف ولايدخل في هذا التعداد الافرنج المتشرقون [١٨] . والخلاصة أن الافرنج الذين كانوا من دم لاتيني خالص ، كانوا قلة في بيت المقدس وتوابعها . يؤكد ذلك مؤرخ لاتيني متأخر يدعى همبرت أوف رومانز : اذ قال في كتاب له باللاتينية بعنوان « الدعوة الى حرب صليبية جديدة » : « وعندما نقوم بغزو بلادهم (يقصد الشرق الادنى الاسلامي) ، لاتوجد تحت أيدينا قوة دائمة ثابتة يمكن عن طريقها بسط نفوذنا على

(١٧) أنظر جوزيف نسيم يوسف : « العدوان الصليبي والرأي العام الغربي » ، مجلة كلية الآداب ، جامعة الاسكندرية (الاسكندرية ١٩٦٨) ، ص ٤٧ ـ ٤٨ .
(١٨) Runciman, op. cit., II, 291-2.

أولئك الذين يفلحون الأرض ويعيشون فيها ، طالما أن رجالنا لايريدون البقاء في تلك الجهات » (١٩) .

أما غالبية الأهالي في الأراضي المقدسة وقتذاك فكانوا من المواطنين العرب من مختلف الفئات والطوائف والأجناس . وظلت كثير من المناطق التي احتلها الفرنج اسلامية الصبغة والطابع والسكان . كذلك كان الفلاحون في الجليل الاعلى وعلى امتداد الطريق من بانياس الى عكا من المسلمين . وكانت توجد قبائل من العرب البدو على امتداد الحدود الجنوبية « للمملكة » وفيما وراء نهر الأردن ، وأما اليهود فقد قل عددهم قلة محسوسة ابان تلك الفترة من الزمن ، خشية من أعمال القتل والمذابح التي تعرضوا لها على أيدي اللاتين أثناء الحركة الصليبية (٢٠) . يؤكد هذا ما ذكره الرحالة بنيامين التطيلي عندما زار الأراضي المقدسة حوالي عام ١١٧٠م ، أي قبل معركة حطين بثماني سنوات ، من أنه لم يجد سوى جالية صغيرة العدد من اليهود في كافة الأراضي الخاضعة للفرنج يعيش منهم في بيت المقدس حوالي المائتين (٢١) . ولايمكن ونحن نتحدث عن خلفيات المعركة أن نغض النظر عن هذه الأوضاع التي ساهمت بشكل غير مباشر في تحقيق هذا النصر الكبير .

وفي الفترة الممتدة من ١٠٩٩ حتى ١١٨٧م ، أي منذ استيلاء الفرنج على القدس وحتى معركة حطين واسترداد صلاح الدين لها ، حكم المدينة المقدسة تسعة حكام قصتهم معروفة تماما في مراجع الحركة الصليبية . ويهمنا هنا استعراض الظواهر الهامة لتاريخ حكمهم ، لدلالتها في الكشف عن خلفيات المعركة وممهداتها ، بالاضافة الى ماسبق ذكره . وهذه الظواهر هي :

الظاهرة الأولى : ضعف الامكانات البشرية

كان أكثر مايحتاج اليه الملك الصليبي هو الحصول على الامدادات البشرية من الغرب . ذلك أن عدد المحاربين في « المملكة » لم يكن كثيرا في أي وقت من الأوقات (٢٢) . اذ لم يتعد في أحسن الأحوال بضع مئات من الفرسان وعدة آلاف من المشاة حسبما أسلفنا . ونتيجة لذلك توالت استغاثات وخطابات المسئولين في بيت المقدس الى أهل الغرب والى البابوية في روما دون أثر ملموس (٢٣) . حقيقة كانت تصل بين وقت وآخر جماعات مسلحة قليلة العدد من الحجاج الذين كانوا يحضرون لزيارة كنيسة القيامة وتمضية بضعة اسابيع أو أشهر في محاربة المسلمين . ولكنهم كانوا في معظم الأحيان يسرعون بالعودة الى ديارهم بعد أداء الحج فلم يجد معظمهم بغيته المنشودة في الأراضي المقدسة في وقت بدأت فيه أوروبا تنشغل تدريجيا ، وبمرور الزمن ، عن افرنج الشرق . ولنا ان نتصور ماذا يمكن أن يؤدي هؤلاء ، خصوصا بعد اختلال ميزان القوى

---

(١٩) Throop, P., Criticism of the Crusades: A Study of Public Opinion and Crusade Propaganda (Amsterdam, 1940), 169.

(٢٠) Benjamin of Tudela, R., Itinerary of Benjamin of Tudela (1165-1173), tr. into Arabic from the Hebrew original by Ezra H. Haddad, 1st. ed. (Baghdad, 1945), 99; Runciman, op. cit., II, 294-5; Margolis, M.L. & Marx, A., A History of the Jewish People (Philadelphia, 1962), 359-64; Brooke, Z.N., A History of Europe from 911 to 1198 (London, 1938), 238.

(٢١) Benjamin of Tudela, op. cit., 87, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 104, 106, 108, 110.

(٢٢) Runciman, op. cit., II, 324; cf. Baldwin, op. cit., 103.

(٢٣) Runciman, op. cit., II, 89-90.

في الصراع القائم بين المسلمين والصليبيين اعتبارا من عماد الدين زنكي ، وفي عز أيام صلاح الدين على وجه الخصوص .

الظاهرة الثانية : ضآلة الموارد المالية

لم تكن قلة الموارد البشرية هي المشكلة الوحيدة التي واجهتها بيت المقدس في ظل حكم اللاتين لها فقد كانت المشكلة الأخرى التي لاتقل عنها خطرا هي احتياج الحكام اللاتين الدائم للمال ، للصرف منه على المقاتلين الذين كانوا يغرونهم بالبقاء ، وكذلك لادارة شئون دولتهم [٣٤] . وكانت الحاجة للمال مشكلة شبه دائمة . وقد قام بعض الحكام الصليبيين بعمليات حربية ضد المسلمين المجاورين لهم بهدف الحصول على الغنائم ، أو الاستحواذ على الأسرى ثم بيعهم كعبيد . وكانوا ، أحيانا ، يطلقون حرية أسراهم مقابل الحصول على فديات باهظة [٣٥] . وفي بعض الأحيان كانت تعقد زيجات سياسية بهدف التغلب على هذه الضائقة المالية المستعصية التي ألمت بطلها على الكيان اللاتيني في الأرض المقدسة ، وأفقدته حرية الحركة ، في وقت بدأت فيه اليقظة الاسلامية داعية الى تكتيل الصفوف وتوحيد القوى في المنطقة لمواجهة الخطر الصليبي ودفعه .

الظاهرة الثالثة : الصراع بين رجال السلك الكهنوتي والعلمانيين ، وما يعنيه .

من أخطر الأمور التي واجهت « المملكة » تلك الصراعات الظاهرة في معظم الأحيان والمستترة في بعض الأحايين بين رجال الدنيا والدين على أي الطرفين تكون له اليد العليا في البلاد . وقد برزت هذه المشكلة بوضوح قبل استيلاء الفرنج على بيت المقدس ، وأدت الى قيام خلافات حادة بين الاكليركيين والعلمانيين من رجال الحملة الصليبية الأولى ، فيمن يكون له الأولوية في الحكم . واستمر هذا الصراع وزادت حدته بين الفريقين طوال الوجود الصليبي في الأراضي المقدسة ، وقد اتخذ أشكالا وصورا شتى متعددة [٣٦] . كل هذا كان ينخر كالسوس في « دولة » الغزاة ، ويمهد الطريق في بطء وهدوء أمام انتصار حطين .

الظاهرة الرابعة : الزيجات السياسية

كان الحكم الصليبي في الأراضي المقدسة مزيجا عجيبا من المشاكل والمتناقضات . ومن بينها ما يمكن تسميته بالزواج السياسي ، وبكلمة أوضح ، زواج المصلحة ، اما بهدف التغلب على مشكلة ما تواجه الملك اللاتيني ، أو التحالف مع قوى أخرى مسيحية ، سواء أكانت أرمينية أو بيزنطية ضد المسلمين ، أو التغلب على ضائقة مالية . والهدف أولا وأخيرا العمل على تثبيت كيانهم المتداعي أمام القوى الاسلامية المحيطة بهم [٣٧] . وكانت هذه الزيجات تنتهي ، في كثير من الأحيان ، بالفشل دون أن تحقق الهدف المرجو منها . وهي ان دلت على شيء ، فانما تدل على تخلخل البنيان اللاتيني داخل « المملكة » بحيث لم يكن بوسعه الصمود أمام الهزات والأزمات العنيفة التي كان يتعرض لها بين وقت آخر . وكانت ضربة حطين هي المعول الذي قضى عليه .

---

(٣٤) Runciman, op. cit., II, 324, 400.

(٣٥) Runciman, op. cit., II, 72, 81-2.

(٣٦) Grousset, Histoire des Croisades, I (Paris, 1934), 201-7; Runciman, op. cit., I, 315ff., II, 72, 82-3, 177.

(٣٧) Runciman, op. cit., II, 36n 102-5, 177f., 292, 309, 349-50.

الظاهرة الخامسة : الفرنج القدامى المتشرقون والفرنج الجدد المتحمسون .

كنا قد ذكرنا أن الصليبيين الأول الذين بقوا في الشرق واستطابوا الحياة فيه ، أصبحت لهم مصالح تربطهم به ، وأصبحوا يعيشون حياة هادئة مستقرة . ولذلك لم يكونوا على استعداد لتقبل مغامرين جدد من الغرب يفسدون عليهم حياتهم . وقد بدأت العلاقات السيئة والمصالح المتعارضة بين الفريقين تظهر بوضوح اعتبارا من الحملة الصليبية الثانية (١١٤٥ - ١١٤٨م) وحتى وقعة حطين واسترداد بيت المقدس ، اذ اعتبر الفرنج الذين استقروا في الشرق أن موطنهم هناك وليس في الغرب ، ونظروا الى الصليبيين الجدد كعناصر منافسة ودخيلة تسبب لهم المتاعب [٦٨] وترتب على ذلك أن وجد شعور بالعداء والكراهية لهؤلاء الفرنج الجدد ، الأمر الذي زاد من متاعب الملك اللاتيني في بيت المقدس ، وأضاف مشكلة أخرى الى المشاكل القائمة المتفاقمة والمتراكمة . وزاد بالتالي من سوء أوضاع الوجود الصليبي أمام اليقظة الاسلامية في القرن الثاني عشر الميلادي .

الظاهرة السادسة : الجماعات الرهبانية العسكرية ، والجاليات البحرية الايطالية .

من المشاكل العويصة التي سبب المضايقات لحكام بيت المقدس اللاتين ، وهيأت في نفس الوقت الجو للمعركة ، الجماعات الرهبانية العسكرية وبخاصة الاسبتارية والداوية والتيوتون ، وكذلك الجاليات البحرية الايطالية وبخاصة البنادقة والجنوية والبيازنة .

كانت الجاليات الرهبانية العسكرية في الفترة المبكرة من تاريخ « مملكة » بيت المقدس اللاتينية ، مصدر قوة لها ، للمهام التي أوكلت اليها ، والقلاع التي كانت تتحصن بها في مناطق استراتيجية هامة . وكانت تمثل القوة العسكرية الرئيسية في « المملكة » . ولكن بمضي الوقت انغمس رجالها في المسائل الدنيوية ، وأصبحوا رجال دين ودنيا . وسعوا الى الربح والاثراء عن طريق التجارة والمكوس التي كانوا يفرضونها على القوافل المارة بمناطق نفوذهم . ويبلغ من وفرة ثروة هذه الجماعات أنها غدت في سنة ١١٨٧م التي أحرز فيها صلاح الدين نصره الساحق على الفرنج ، من أكبر ملاك الأراضي في الشرق الأدنى ، بسبب الهبات والعطايا من الأرض التي كان يمنحهم اياها ملوك بيت المقدس وغيرهم من الحكام الصليبيين . وأصبحت النزاعات الدائمة بينها ، والتنافس على الربح والمغانم ، شيئا عاديا مألوفا ، الأمر الذي قلل مع الزمن من قوتها العسكرية في مواجهة القوى الاسلامية في المنطقة ، تلك القوى التي بدأت في توحيد جبهتها لدرء الخطر الصليبي [٦٩] .

أما الجاليات البحرية الايطالية ، وان كانت قد ساعدت بأساطيلها على نقل الجند والعتاد من الغرب الأوروبي الى المشرق الاسلامي ، الا أن مشاكلها المتزايدة انعكست على « المملكة » اللاتينية بشكل ملموس ، في وقت كانت فيه « المملكة » غارقة حتى أذنيها في مشاكل أخرى عديدة . لقد كانت حرفة هذه الجاليات التجارة وما تدره عليها من أرباح ، سواء أكان ذلك على حساب المسلمين أم على حساب بني جنسها من اللاتين . ويكفي أن نعرف أن شعار

---

(٦٨) Conrad's Letter, ed. R.H.O.F., XV 534-5.

(٦٩) Lacroix, P., Vie militaire et religieuse au moyen age et a l'epoque de la renaissance (Paris, 1873), 108-9; idem, La chevalerie et les croisades (Paris, 1887), 226; Grousset, op. cit., II, 310; Runciman, op. cit., II, 156-8, 312-4.

البنادقة الذي اشتهروا بـ« كان » نحن أولا بنادقة وبعد ذلك مسيحيون » ، أما الجنوية فكان شعارهم « نحن جنوية أولا وأخيرا » ، بمعنى أن مصالحهم الخاصة كانت تأتي في المرتبة الأولى لذلك كانت المضار الناجمة من تواجدهم في الاراضي المقدسة أثناء الاحتلال الصليبي لها أكثر من المزايا (٣٠) .

وبنظرة فاحصة يمكن القول ان مصالح هؤلاء الايطاليين كانت تتعارض مع مصالح السلطات الفرنجية في « المملكة » ، وكان آخر ما يرغبون فيه هو مواصلة القتال ضد المسلمين ، الأمر الذي كان يعود بالضرر عليهم وعلى تجارتهم . ويجب الا ننسى أن هذه الامتيازات التي تمتعوا بها في « المملكة » أدت ـ بدورها ـ الى تفتيت وتشتيت مواردها المالية وقواها البشرية ، في وقت كانت أحوج ما تكون فيه الى مورد ثابت من المال وجيش قائم منظم ، بل ان التنافس بين الجاليات البحرية الايطالية بعضها البعض داخل بيت المقدس وتوابعها ، في سبيل الحصول على أكبر قدر من المغانم ، أدى الى قيام الصراعات العنيفة بينها ، الأمر الذي زاد الطين بلة (٣١) ، وأضاف عاملا جوهريا لايمكن اغفاله ، الى العوامل سالفة الذكر التي أدت الى نصر حطين وعجلت به .

الظاهرة السابعة : مشاكل الامارات الفرنجية في الشام .

على الرغم من البعد الجغرافي للامارات الصليبية التي تكونت في أخريات القرن الحادي عشر وبدايات القرن الثاني عشر ـ على الرغم من بعدها الجغرافي عن بيت المقدس ، الا أنها أضافت الى مشاكلها المتراكمة مشاكل أخرى عديدة . لقد انشغل حكام هذه الامارات في القتال ضد بعضهم ، ضد جيرانهم من مسلمين وبيزنطيين ، وحسب الظروف والأحوال . وكثيرا ما استعانوا بحلفاء من المسلمين في صراعاتهم تلك (٣٢) وان دل هذا على شيء ، فانما يدل كيف انعكست مشاكل تلك الامارات على « المملكة » اللاتينية في القدس ، فزادت من أعبائها ، وأضعفت من قوتها ، حتى أنها لم تقو على الصمود امام صلاح الدين عندما وجه ضربته اليها في حطين .

الظاهرة الثامنة والأخيرة : سياسة الحكام الصليبيون حيال العرب الخاضعين لهم

لقد أبدى أولئك الحكام توددا ظاهريا حيال العرب الخاضعين لهم من مسلمين ومسيحيين شرقيين في مسعاهم المستميت للابقاء على وجودهم المهتز ، فسمحوا لهم بتشييد عدد من المساجد والكنائس الشرقية ، وأذنوا للمسلمين بالقسم على القرآن في المحاكم ، وأباحوا زواج المصاهرة بين الفرنج والعرب . وفي سعيهم للتقرب من الأهالي منحوا حرية التجارة في القدس للناس من كافة الطبقات . وسمحوا للتجار المسلمين في المناطق المجاورة بالقدوم بمتاجرهم الى بيت المقدس والموانيءالساحلية التابعة

(٣٠) Runciman, op. cit., II, 73, 88, 92, 167-71, 294, 314-5; Heyd, W., Histoire du commerce du Levant au moyen age, I (Leipzig, 1885), 343-4; Pirenne, H., Economic and Social History of Medieval Europe, tr. from the French by I.E. Clegg (London, 1961), 30-3.
انظر أيضا جوزيف نسيم يوسف : العرب والروم واللاتين في الحروب الصليبية الأولى ، ص ٨٢ ـ ٩٠ .

(٣١) Runciman, op. cit., II, 315.

(٣٢) Runciman, op. cit., II, 187-90.

لهم ، وأمروا بحسن معاملتهم [33] وأشار الرحالة ابن جبير الى ذلك أثناء زيارته لبلاد الشام [34] .

لقد اضطر حكام بيت المقدس اللاتين الى اصطناع هذه السياسة حتى يضمنوا تصريف منتجاتهم من ناحية ، ولايجاد حالة من الازدهار والرخاء في المملكة ، تعين على بقائهم وزيادة مواردهم وإيراداتهم من ناحية أخرى ، وحتى لايظلوا أقلية منعزلة عن الغالبية العربية من الأهالي من ناحية ثالثة [35] . والخلاصة أنهم سعوا الى كسب الأهالي الى جانبهم ، واعتمدوا عليهم اعتمادا يكاد يكون كليا في الزراعة والصناعة والتجارة ، وفي البناء والتشييد والزخرفة . ولم يكن أمامهم الا أن ينهجوا هذا السبيل ، ولاغرو ، فقد كان العرب وقتها يتفوقون حضاريا على الغرب اللاتيني الذي أخذ ينهل من علومهم ومعارفهم في شتى مناحي الحياة [36] .

وان دل هذا على شيء ، فانما يدل على أن الفرنج بعد أن اسقط في أيديهم ، بدأوا في اصطناع سياسة المداهنة حيال العرب الخاضعين لهم والمسلمين المجاورين ، علهم يحققون ما اخفقوا في تحقيقه عن طريق الحرب والقتال . كما يكشف ، بشكل غير مباشر ، عن احساسهم بأن وجودهم في المنطقة لايرتكز على أسس صلبة متينة . ولاشك أن احساسهم الدائم بالقلق وعدم الاستقرار والخوف مما يخبئه لهم المستقبل نتيجة لهذه الأوضاع ، كان عاملا نفسيا له أثره غير المباشر ، الى جانب الاعتبارات الأخرى ، في تمهيد الطريق لنصر حطين .

لعلنا نستبين مما سبق أن المشاكل كانت تلاحق حكام بيت المقدس اللاتين منذ اليوم الأول . وهي مشاكل معقدة ، متداخلة في بعضها ، تراكمت وتفاقمت بمرور الزمن بحيث لم يكن من السهل تخطيها ، أو التغلب عليها ، أو ايجاد حلول حاسمة لها . لقد كانت القدس وتوابعها وقتها مسرحا عجيبا للدسائس والمغامرات والمناورات والفوضى التي لا أول لها ولاآخر . زيادة على ذلك ، وجود أطفال قصر يتولون الحكم تحت وصاية أشخاص أصحاب مطامع في الحكم ، أو وجود حكام مرضى لايقوون على ممارسة مهام الحكم والقيام بمسؤولياته . وكان هذا أمرا متوقعا . لقد بدا مجتمعهم الاقطاعي الذي أقاموه في الشرق الأدنى متداعيا منهارا لايقوى على الوقوف على قدميه ، ولاتتوافر فيه مقومات الدول والحكومات الشرعية بالمعنى المفهوم . لقد ولد هذا المجتمع ضعيفا هزيلا ، فلم توجد فيه سمات الأمم والحكومات ، كالآداب والعرف والتقاليد والجيش القومي الدائم المسلح المدرب ، والأسطول الثابت المزود بأطقم من البحارة ، أو الثروة العامة ورؤوس الأموال النامية ، بل ضم أشتاتا من الخلق من مختلف الأجناس واللغات ، ومن مختلف الفئات والطوائف والطبقات الوافدة من الغرب في أرض غير أرضها وملك غير

---

(33) Runciman, op. cit., II, 100-1, 156, 318.

(34) ابن جبير (ت ٦١٤هـ / ١٢١٧م) : رحلة ابن جبير ، تحقيق حسين نصار (القاهرة ١٩٥٥) ص ٢٧٦ ـ ٢٧٧ و ٢٨٨ و ٢٩٠ ـ ٢٩٣ . راجع أيضا زكي محمد حسن : الرحالة المسلمون في العصور الوسطى (القاهرة ١٩٤٥) ، ص ٨١ ـ ٨٣ و ٩٨ . وكذلك :

Grousset, Sum of History, 178; G.C., Medieval Panorama (New York, 1955), 322.

(35) Runciman, op. cit., II, 101, 445.

(36) Runciman, op. cit., II, 318 & n. 1, 459-60, 466.

وكذلك ابن منقذ : كتاب الاعتبار ، نشر فيليب حتي (برنستون ١٩٣٠) ، ص ١٣٢ ـ ١٣٤ و ١٣٧ ـ ١٣٨ .

ملكها. ولذلك ظل عرضة للتقلبات والهزات والأزمات العنيفة، ونهبا للكوارث والمحن والويلات التي كانت تحل به بين الحين والحين. وكانت عوامل الضعف هذه تسري في شراينه الى ان قوضته من داخله في نهاية الأمر.

وفي نفس هذا الوقت الذي أصيب فيه الشرق اللاتيني بحالة من الشلل والجمود، بدأ الغرب الأوروبي ينشغل عنه بسبب انغماسه في مشاكله المحلية والخاصة، وعلى رأسها الصراع العلماني بين البابوية والامبراطورية على الأمور الدنيوية، الأمر الذي اصاب المسيحية الغربية بضرر بالغ. هذا، فضلا عن العيوب التي تفشت في الجهاز الكنسي البابوي، وجعلت المفكرين ينادون بإصلاحه. ولذلك لم تجد طلبات الاستغاثة التي طلبها ملوك بيت المقدس والفرنج الشام الاستجابة الكافية. وحتى الحجاج اللاتين الذين كانوا يزورون القدس قل عددهم قلة محسوسة. وفترت الحماسة الدينية للحركة الصليبية فتورا شديدا. وبدلا من أن يندفع الناس في حروب دينية ضد المسلمين، أصبحوا يتشككون في جدواها وفائدتها، بعد أن ذهبت الآلاف المؤلفة من زهرة شباب الغرب بين أسير وقتيل وجريح. وتناول الكتاب والمؤرخون اللاتين المعاصرون للحركة الصليبية، تلك الحركة بالنقد والسخرية. وكشفوا في كتبهم ومؤلفاتهم عن وجود رأي عام غربي ضد الفكرة الصليبية، ووجود تيار معارض لها في الغرب ومنذ البداية [٣٧].

وخلاصة القول اننا اذا تجاهلنا كل هذه الاعتبارات والعناصر التي أسلفنا اليها، فليس هناك من سبيل الى تفسير أصول معركة حطين.

واذا انتقلنا الى القوى الاسلامية في الشرق الأدنى نقول انه كان يقابل هذا التدهور التدريجي في الكيان اللاتيني في بيت المقدس وتوابعها، وانشغال الغرب بمشاكله عنها، تزايد احساس الشعوب الاسلامية في المنطقة أن وجود هذا الكيان أصبح - على الرغم من اهتزازه - يشكل خطرا عليها يجب المبادرة بالقضاء عليه قبل أن يسري في بقية أجزاء المشرق الاسلامي. وكانت النتيجة الصحوة الاسلامية التي نضجت واكتملت في عهود عماد الدين زنكي ونور محمود وصلاح الدين الأيوبي في أواسط القرن الثاني عشر الميلادي. وكان هذا يعني بداية رجحان الكفة الاسلامية في الصراع ضد الصليبيين.

ولما كانت عجلة التاريخ في حركتها لاتعود الى الوراء، كذلك كان الوضع بالنسبة للصراع السياسي والعسكري القائم في الأراضي المقدسة. كانت «دولة» اللاتين في بيت المقدس تزداد ضعفا وانقساما، بينما كان المسلمون يكتلون أنفسهم لدفع الخطر الصليبي. فقد تمكن عماد الدين (١١٢٦ - ١١٤٦م) من الاستيلاء على حلب (١١٢٨م)، وحماه (١١٢٩م)، والرها (١١٤٤م) [٣٨]. فكانت أول مدينة يستولي عليها الفرنج، وأول مدينة يستردها منهم المسلمون. وتم ذلك أثناء حكم الملك الصليبي فولك أوف انجو. ثم جاء بعده ابنه نور الدين (١١٤٦ - ١١٧٤م) الذي استولى على دمشق

---

(٣٧) جوزيف نسيم يوسف: العدوان الصليبي والرأي العام الغربي، ص٣١ - ٤٢. وكذلك المرجع التالي:
Throop op. cit., II, 2ff.

(٣٨) ابن القلانسي: ذيل تاريخ دمشق، ص٢٧٩ - ٢٨٠، ابن الأثير (ت ٦٣٠ هـ/١٢٣٤ م): تاريخ الدولة الاتابكية ملوك الموصل، في مجموعة مؤرخي الحروب الصليبية، المؤرخون الشرقيون، جـ ٢ ق ٢، ص١١٨ - ١٢٠. راجع أيضا:
Gregoire le Pretre, Chronique, ed. R.H.C.-Doc. Arm., I (Paris, 1869), 157.

(١١٥٤م) ، ونجح في بناء دولة قوية متحدة ذات حدود متصلة تواجه « دولة الفرنج في القدس وباقي ممتلكاتهم في الشام ، الأمر الذي أزعج الفرنج وهدد وجودهم في المنطقة [٣٩] . وحدث هذا في عهد الملك اللاتيني عموري الأول .

وبينما كان كل منها نور الدين وعموري يتحفز للآخر ، تحول مجال الصراع والتنافس بينهما لتصبح مصر الفاطمية مسرحه وميدانه ، اذ طرأ على الحركة الصليبية آنذاك تطور هام مظهره محاولة كل منهما الاستيلاء على مصر وضمها الى أملاكه في الشام . وقد شجعهم على ذلك ما انتهت اليه حال الدولة الفاطمية في مصر من الضعف والانحلال [٤٠] . وكان كل منهما يعلم جيدا أن نجاحه على خصمه مرهون بنجاحه في الظفر بمصر التي أصبحت العامل الحاسم في الصراع بينهما [٤١] . وكان من نتيجة ذلك أن توالت عليها حملات كل منهما فيما بين عامي ١١٦٣ و ١١٦٨م ، تلك الحملات التي انتهت بهزيمة الفرنج وانتصار جيش نور الدين بقيادة أسد الدين شيركوه الذي دخل القاهرة منتصرا في يناير ١١٦٩م [٤٢] وهكذا أخفق الملك اللاتيني في محاولة ضم مصر الى « أملاكه » بالشام [٤٣] .

ومنذ ذلك الحين أصبحت « دولة » اللاتين في بيت المقدس محاصرة من الشمال والجنوب بقوات المسلمين ، وباتت معرضة للضياع . ولم يكن أمام الفرنج ، هذه المرة ، سوى البحر . وحتى من هذه الناحية أصبح مركزهم مهددا بالخطر ، لأن الأسطول الاسلامي القوي في البحر المتوسط كان واقفا لهم بالمرصاد . وقد انتابهم الخوف حتى لقد قال أحد كتابهم ، وهو وليم الصوري الذي عاصر هذه الحقبة وشاهد أحداثها ، إن هذا التغيير الجوهري الذي طرأ على القوى الاسلامية قد وقع على رؤوس الغربيين وقع الصاعقة ، وكان بمثابة مصيبة كبيرة لصالح مستعمراتهم في فلسطين [٤٤] .

(٣٩) ابن القلانسي : ذيل تاريخ دمشق ، ص ٣٣٢ و ٣٣٩ ، ٣١٢ . أنظر أيضا :
Guillaume de Tyr, Historia rerum in partibus transmarinis gestarum, ed. R.H.C.-H. Occ., 2e. partie (Paris, 1844), 893-7.

(٤٠) ابن الأثير : كتاب الكامل في التاريخ ، في مجموعة مؤرخي الحروب الصليبية ، المؤرخون الشرقيون ، ج ١ (باريس ١٨٧٢ م) ، ص ٥٥٠ ، ابو الفدا (ت ٧٣٢هـ/ ١٣٣١ م) : المختصر في اخبار البشر ، ج ٣ (اسطنبول ١٢٨٦) ، ص ٤٠ ـ ٤١ ، ابن تغري بردي (ت ٨٧٤هـ / ١٤٦٩ م) : النجوم الزاهرة في ملوك مصر والقاهرة ، ج ٥ (القاهرة ١٩٣٥) ، ص ٣٣٨ ـ ٣٣٩ و ٣٤٥ ـ ٣٤٦ و ٣٦٢ . و أيضا :
Guillaume de Tyr, op. cit., R.H.C.-H. Occ., I, 2e. partie, 853.

(٤١) ابن شداد (ت ٦٣٢ هـ / ١٢٣٨ م) : سيرة صلاح الدين المسماة بالنوادر السلطانية والمحاسن اليوسفية (مصر ١٣١٧هـ) ، ص ٢٩ ـ ٣٠ ، ابن الأثير : الكامل في التاريخ ، في مجموعة مؤرخي الحروب الصليبية ، المؤرخون الشرقيون ، ج ١ ، ص ٥٣٠ و ٥٤٧ ، وأيضا :
Stevenson, W.B., The Crusaders in the East (Cambridge, 1907), .87,
B)24(tdlh djagr fhgjkhts fdk ug lk ul,vx h,,g ,k,v hgfadk lpl,% ugx lg lwv ,glhjll q%dh % Xk%r hfk a%b% ; hgk,h%r hgsg%hkdx % w 82 ' 52 % hfk hbedv ; jbvdo hg%,go h,jhbdn % w 312 ' 912 , 632 ' 142 , 642 ' 352 ; ,hgzhlg td hgjbvdo % w 235 ' 145 , 645 ' 155 , 355 ' 855 — ,Xdqh :
Michel le Syrien, op. cit., R.H.C.-Doc. Arm., I, 353-9; Guillaume de Tyr, op. cit., R.H.C.-H. Occ., I, 890-1, 934, 945-6. Cf. also Schlumberger, G., Campagnes du Roi Amaury Ier. de Jerusalem en Egypte, au XIIe. siecle (Paris, 1906), 46-8, 63-98, 172-229.

(٤٢) ابن شداد : النوادر السلطانية ، ص ٣٢ ـ ٣٤ و ٣٨ ، ابن الأثير : الكامل في التاريخ ، ص ٥٦٦ ـ ٥٧٦ و ٥٩٩ و ٦١١ ـ ٦١٤ . أنظر أيضا :
Casanova, P., "Les derniers Fatimides," ed. Memoires de la Mission Archeologique Francais du Caire, VI, 3e. fasc. (Paris, 1893), 422-32; Schlumberger, op. cit., 262-91.

(٤٤) Guillaume de Tyr, op. cit., R.H.C.-H. Occ., I, 2e. partie, 895-7.

كان هذا يعني تأكد رجحان الكفة الاسلامية في الصراع بين المسلمين والصليبيين ، بحيث أصبح مركز الثقل يميل بقوة الى جانبهم . هذا ، بينما كانت مدينة بيت المقدس وتوابعها تزداد ضعفا وهزالا يوما بعد يوم ، والغرب الاوروبي في شغل شاغل عنها بسبب ما استجد على المسرح هناك من متغيرات . وكان صلاح الدين الذي خلف أسد الدين شيركوه قد أعلن نهاية الدولة الفاطمية في مصر وبداية الدولة الأيوبية التي قامت على أساس الجهاد ضد الصليبيين ، وليكون هو أول ملوكها .

وهكذا أصبح كل شيء معدا ، وباتت الظروف مهيأة لتوجيه الضربة القاصمة الى الصليبيين و « مملكتهم » في الأراضي المقدسة ، بعد أن قضت حركة اليقظة الاسلامية على كل أمل لهم في التوسع ، بل وفي مجرد البقاء . وتم هذا أيام صلاح الدين فبعد أن اطمأن الى سلامة الجبهة الاسلامية في الشرق الأدنى ، قام بجهاده المعروف ضد الصليبيين ، وقد مر هذا الجهاد بثلاث مراحل تقع معركة حطين في المرحلة الثالثة والأخيرة منه ، المرحلة الأولى (١١٧١ - ١١٧٩م) كانت مرحلة اعداد ومناورات . وقد بدأت منذ اليوم الأول الذي تولى فيه الملك على مصر ، عندما حاصر قلعة الشوبك (١١٧١م) الواقعة في طريق القوافل بين الشام ومصر ، ولكنه لم ينجح في الاستيلاء عليها لدفاع الفرنج عنها . وفي اكتوبر ١١٧٧م التقى أمام الرملة بأحد زعماء الفرنج وهو أرناط صاحب الكرك ، ولكنه انهزم أمام حصن بيت جبرين . وفي خريف ١١٧٩م انتصرت جيوشه على الصليبيين في موقعة مرج عيون ، وان لم تخرج الفرنج من معقلهم في بيت المقدس ومن الجيوب الصليبية الأخرى في الشام .

وبمرج عيون تنتهي المرحلة الأولى لتبدأ المرحلة الثانية من جهاد صلاح الدين (١١٨٢ - ١١٨٧م) ، وكانت قد أثارته محاولات أرناط تخريب مكة والمدينة ، وأوغرت صدور المسلمين ضد الفرنج ، فقام بحملات منظمة ضدهم ، وهاجمهم في معاقلهم مثل عين جالوت والكرك فيما بين عامي ١١٨٣ و ١١٨٦م ، بحيث لم يترك لهم سبيلا للراحة . وتنتهي هذه المرحلة بمحاولة غير ناجحة لصلاح الدين في حصار الكرك في أوائل ١١٨٧م بقصد الاستيلاء عليها .

تأتي بعد ذلك المرحلة الثالثة والأخيرة من جهاده ، وهي الحرب المفتوحة . ففي ٢ يوليو ١١٨٧ م استولى صلاح الدين على طبرية ، ثم التقى بجيوش الفرنج مجتمعة في حطين بعد ذلك بيومين ، وهناك وقعت أكبر معركة في تاريخ الحركة الصليبية لحقت بالفرنج فيها هزيمة ساحقة ، وتبعت ذلك سلسلة من الانتصارات أحرزها صلاح الدين ، حيث أخليت معاقلهم تسقط في قبضته الواحد بعد الآخر ، الى أن وصلت جيوشه أمام بيت المقدس التي استسلمت حاميتها ، ودخلها صلاح الدين منتصرا يوم الجمعة ٢٧ رجب ٥٨٣ هـ (٢ أكتوبر ١١٨٧ م)[٤٥] . وجدير بالتنويه هنا أن صلاح الدين لم ينتقم من سكانها الفرنج ، بل عاملهم معاملة إنسانية كريمة سجلها كتابهم ومؤرخوهم[٤٦] ، وذلك بعكس ما فعله الفرنج عندما اقتحموا المسجد الأقصى وقبة الصخرة بعد استيلائهم على القدس في

(٤٥) ابن شداد : النوادر السلطانية ، ص ٦٠ - ٧٣ و ١٤٣ - ١٦٠ و ٢٠٠ - ٢٢٧ و ٢٣٨ - ٢٣٩ ، الأصفهاني (ت ٥٩٧ هـ / ١٢٠١ م) : الفتح القسي في الفتح القدسي (القاهرة ١٣٢١ هـ) ، ١٧ - ٢٥ و ٣١ - ٤٥ و ١٤٠ - ٢٦١ و ٣١٤ - ٣١٧ ؛ ابن الأثير : الكامل في التاريخ ، ص ٦١٤ - ٧٤١ . انظر أيضا : Vartan le Grand, Extrait de l'histoire universelle, ed. R.H.C.-Doc. Arm., I (Paris, 1869), 439.

(٤٦) ابن شداد : النوادر السلطانية ، ص ٢٦ - ٣٢ و ١٨٨ - ١٤٩ . راجع كذلك :

الحملة الصليبية الأولى[٤٧] . وتم تطهير المسجد الأقصى من كل آثار احتلال الصليبيين له . وأعد المسجد الأقصى وقبة الصخرة لتأدية الشعائر الاسلامية بها من جديد[٤٨] ولكن العيش لم يدم طويلا لصلاح الدين ليواصل جهاده وفتوحاته ضد الفرنج في الشام ، اذ مات في ٢٧ صفر ٥٨٩ هـ/٢١ فبراير ١١٩٣ م وله من العمر اذ ذاك ٥٥ عاما .

لقد اعتبرت معركة حطين واستعادة صلاح الدين لمدينة بيت المقدس من الفرنج ، حدثا هاما في تاريخ الحركة الصليبية بصفة عامة ، وفي التاريخ الاسلامي على وجه الخصوص ، أفاض في الحديث عنه المؤرخون المسلمون مثل ابن شداد وعماد الدين الاصفهاني وابن الأثير والمقريزي ، كما تكلم عنه بمرارة المؤرخون اللاتين مثل جاك دي فيتري ووليم الصوري . ومنذ ذلك الحين انكمشت امارات الفرنج في رقعة ضيقة بالساحل الشامي ولكن خلفاء صلاح الدين من الأيوبيين ومن جاء بعدهم من سلاطين دولة المماليك الاولى من إخراجهم منها في أخريات القرن الثالث عشر الميلادي ، بعد قرنين من الصراع الدامي المرير .

ويتساءل المؤرخ ستيفن رانسيمان في ختام الجزء الثاني من كتابه عن الحروب الصليبية : « هل تعزى انتصارات صلاح الدين ضد الصليبيين الى رد الفعل الحتمي عند المسلمين على تحدي الفرنج ؟ أم ترجع الى ما اشتهر به كبار الزعماء المسلمين الذين سبقوه من سياسة بعيدة النظر ؟ أم ترجع الى ما وقع بين الفرنج أنفسهم من منازعات وحماقات ؟ أم ترجع الى شخصية صلاح الدين القوية وعزيمته التي لا تلين ؟ »[٤٩] . وردا على هذه التساؤلات نقول انه لا خلاف أن انتصارات صلاح الدين التي توجها بنصر حطين واسترداد بيت المقدس ترجع ، أولا وقبل أي شيء آخر ، الى وحدة الشرق الأدنى الاسلامي من مصر جنوبا حتى الشام والعراق في أقصى الشمال في مجابهة الخطر الصليبي ، الأمر الذي أخل بتوازن القوى بين طرفي الصراع . فبعد أن كانت كفة الصليبيين هي الراجحة في بداية الحركة الصليبية في أخريات القرن الحادي عشر ، حدث التوازن في الصراع بينهما في أواسط القرن الثاني عشر ، الذي أعقبته الصحوة فالوحدة الاسلامية الشاملة في أخريات ذلك القرن . وهنا أصبح الجو مهيأ أمام صلاح الدين لتوجيه ضربته في حطين وما تلاها من تحرير المدينة المقدسة . ومع ذلك ، لا خلاف أيضا ان الخلفيات السابقة للمعركة التي تحدثنا عنها ، قد أسهمت ، بشكل أو بآخر ، وبطريق مباشر أو غير مباشر ، في التمهيد للنصر الاسلامي والتعجيل به . وفي اعتقادي أننا اذا لم نضع هذه الخلفيات مجتمعة في الحسبان ، يصبح الحديث عن ممهدات المعركة وظروف وعوامل اندلاعها أمرا مبتورا .

وأخيرا ، لعلنا نستخلص مما سبق عدة حقائق لها مغزاها ودلالاتها ، هي :

أولا ـ الصراع بين صلاح الدين والصليبيين الذي انتهى بانتصار حطين ، هو حلقة في تلك السلسلة

---

(٤٧) Runciman, op. cit., II, 466.

Runciman, op. cit., II, 356.

انظر أيضا عارف باشا العارف : تاريخ القدس (القاهرة ١٩٥١) ، ص ٧١ ـ ٧٢ و ٧٤

(٤٨) جوزيف نسيم يوسف : العرب والروم واللاتين ، ص ١١٦ ـ ١١٨ والعدوان الصليبي على مصر ، ط ـ ٤ (الاسكندرية ١٩٨١) ، ص ١١٦ ـ ١٢١ .

(٤٩) Runciman, op. cit., II, 473.

الطويلة من الصراع بين العالمين العربي الاسلامي والأوروبي المسيحي ، الذي امتد قرابة ألف عام منذ ظهور الاسلام في العقود الأولى من القرن السابع وحتى بدايات القرن السادس عشر الميلادي . وهو ، في ذات الوقت ، مرحلة من مراحل الكفاح المرير بين شقي العالم منذ القدم وحتى اليوم .

ثانيا ـ أفضل تعريف للصراع بين المسلمين والصليبيين في الشرق الأدنى منذ عام ١٠٩٩ وحتى عام ١١٨٧ م ، أي منذ استيلاء الفرنج على بيت المقدس وحتى معركة حطين واستعادة صلاح الدين للمدينة المقدسة ، أنه صراع سياسي وحضاري بين قوتين عظميين وحضارتين مختلفتين ، كل منها تحاول أن تفرض نفسها على الأخرى . وكان مركز الثقل في الصراع بين الطرفين يتغير هبوطا وصعودا وفقا لمقتضيات الظروف والأحوال لدى كل منها . ففي الوقت الذي ترجح فيه كفة الصليبيين لا يكون ميزان القوى في صالح المسلمين . وبالعكس ، عندما ترجح كفة المسلمين كان يقابل ذلك انحطاط وتدهور في الجانب الصليبي . ومن هنا عندما يشعر الغرب أنه الأقوى كان يقوم بهجماته على العالم العربي الاسلامي ، ويحرز عادة انتصارات سريعة وخاطفة ، مثلما حدث أثناء الحملة الصليبية الأولى .

وعندما يستجمع المسلمون قواهم ويوحدون جبهتهم ، كانوا يقومون بهجمات مضادة تنتهي عادة بإلحاق الهزيمة بالفرنج ، مثلما حدث في معركة حطين . وباختصار ، أمسك المسلمون في عصور القوة بزمام المبادأة وتوجيه الضربة الأولى ، بينما التزموا بسياسة الدفاع عن أنفسهم وعن كيانهم بوجه عام في عصور الضعف . والعكس صحيح بالنسبة للطرف الآخر .

ولكن عندما يعتدل ميزان القوى في الصراع بين الفريقين ، كان هذا يعني نوعا من الهدنة المؤقتة أو فترة من التربص والانتظار وجس النبض مع الاستعداد والترقب لحين موافاة الفرصة المواتية للانقضاض ، مثلما حدث أثناء بواكير الصحوة الاسلامية في الشرق الأدنى . والنجاح يكون آخر الأمر لمن تهيء له الظروف رجحان كفته مثلما حدث في نصر حطين .

ثالثا ـ هذه الفكرة ترتبط بسابقتها ، وهي أن المسلمين تعلموا درسا من صراعهم ضد الصليبيين . لقد أدركوا أن تكتلهم في جبهة واحدة قوية متحدة ، كان أمرا لا مندوحة عنه للدفاع عن أنفسهم ضد الفرنج ودفع خطرهم . وهذا يعني أنه لكي يحرز المسلمون نصرا نهائيا وحاسما على أعدائهم ينتهي بتحرير المدينة المقدسة من قبضتهم ، يجب ـ أولا وقبل أي شيء ـ أن يوحدوا جبهتهم الداخلية . وهذا ما أقدم عليه صلاح الدين قبل المعركة .

رابعا ـ حقيقة أخرى نستخلصها من معركة حطين هي أنه ضمانا لاحراز نصر اسلامي محقق ، يجب أن تسبق عملية الكفاح المسلح عملية توحيد الجبهة الاسلامية . وهذا ما فعله صلاح الدين فهو لم يبدأ بجهاده ضد الصليبيين الا بعد أن اطمأن الى سلامة الجبهة الداخلية وتماسكها . وفي بعض الأحيان كانت عملية توحيد الجبهة تسير جنبا الى جنب مع الكفاح المسلح ، وفي أحايين أخرى كان الجهاد المسلح يسبق توحيد الجبهة ، وذلك عندما كان المسلمون يجدون أنفسهم مرغمين أو مكرهين على ذلك[٥٠] .

خامسا ـ كانت أهداف الحركة الصليبية منذ بدايتها ـ ونعني بذلك التوسع والاستيطان تحت رداء الدين ـ

(٥٠) Cf. Stevenson, op. cit., 723-4.

دافعا وحافزا لاثارة الحماسة الاسلامية التي بدأت في شكل وثبات وتجمعات هنا وهناك ، أعقبتها الصحوة والافاقة ، التي تبلورت آخر الأمر في توحيد الجبهة الاسلامية في المنطقة ضد الدخلاء ، الى أن انتهى الامر بالحاق هزيمة شديدة بهم في حطين واسترداد البيت المقدس .

سادسا ـ لأن الوجود اللاتيني في الأراضي المقدسة كان يشكل ومنذ البداية « دولة » ليس لها مقومات الدول ، كانت مسرحا للفوضى والاضطراب والمشاكل ، ونهبا للمحن والكوارث ، فقد ظل وجودا مهتزا ضعيفا مفككا تعصف به الرياح من كل جانب : رياح التمزق والتفسخ من داخله ، ورياح اليقظة والصحوة الاسلامية من خارجه . ولهذا كان مصيره الى زوال ، وجاءت ضربة حطين لتؤدي هذا الدور . وكان سقوط بقية المعاقل اللاتينية في الشام مسألة وقت لا أكثر ولا أقل .

سابعا ـ جدير بالتنويه ، أيضا ، أنه منذ بداية الحركة الصليبية وحتى نهايتها مرورا بمعركة حطين ، لم يتسن للصليبيين اطلاقا غزو العواصم والمدن الاسلامية الداخلية ، مثل القاهرة ودمشق وحلب وحماه وبغداد ، حتى أثناء رجحان كفتهم في الصراع ضد المسلمين ، ورغم محاولاتهم المتكررة لتحقيق ذلك . لقد كانوا يؤثرون البقاء في المدن الساحلية أو القريبة من الساحل ، وعدم المخاطرة بالتوغل في الداخل ، لانهم كانوا يعلمون جيدا أنهم سوف يجدون أنفسهم وسط محيط من البشر المتحفزين للانقضاض عليهم وتنغيص حياتهم بحيث تصبح جحيما لا يطاق . وحدث هذا بالفعل بعد استكمال توحيد الجبهة الاسلامية .

ثامنا وأخيرا ـ تكشف تفاصيل هذا البحث عن حقيقة هامة لها دلالتها ، وهي أن بيت المقدس ـ بأصولها وجذورها العربية الاسلامية الموغلة في التاريخ ـ ظلت مدينة عربية الصبغة والطابع منذ الفتح العربي لها ، وحتى تحريرها أيام صلاح الدين . وحتى وهي في ظل الاحتلال الصليبي لها الذي لم يزد على قرن من الزمان ، ظلت العناصر العربية تشكل الأكثرية الغالبة فيها . فلا عجب أن تكون ضربة حطين هي بداية النهاية بالنسبة للوجود الصليبي في الشرق الأدنى الاسلامي .

* * *

المختصرات

A.O.L. Les Archives de l'Orient Latin.
R.H.C.-Doc. Arm. Recueil des Historiens des Croisades — Documents Armeniens.
R.H.C.-H. Occ. Recueil des Historiens des Croisades — Historiens Occidentaux.
R.H.C.-H. Or. Recueil des Historiens des Croisades — Historiens Orientaux.
R.H.G.F. Recueil des Historiens des Gaules et de la France.

* * *

صدر حديثاً

تأملات حول التاريخ والمؤرخين[1]

تأليف : تيودور س . هيمرو
عرض وتحليل : مصطفى العبادي

كتبت هذه التأملات ليقرأها المهتمون بالتاريخ بصفة عامة ، ولكنها تهم كل من يمارسون او يعانون الكتابة التاريخية بصفة خاصة . فهى ثمرة تجربة وخبرة طويلة فى دراسة التاريخ وتدريسه تزيد على ثلاثين عاما . فالمؤلف تيودور هيمرو حصل على الدكتوراه من جامعة يل عام ١٩٥١ وقام بالتدريس فى جامعة ويسكونسن ـ ماديسون منذ ١٩٥٨ ، وأصبح من أعلام الحركة التاريخية المعاصرة بالولايات المتحدة الامريكية ، فقد اكتسب شهرة ومكانة مرموقة فى دراسة تاريخ وسط أوروبا فى القرن التاسع عشر . ومن أهم أعماله فى هذا المجال كتب ثلاثة[2] ، هى :

« إصلاح وثورة ورجعية : دراسة فى الاقتصاد والسياسة فى المانيا ١٨١٥ ـ ١٨٧١ » ، والثانى بعنوان « الأسس الاجتماعية لتوحيد المانيا ١٨٥٨ ـ ١٨٧١ » ، والثالث « ميلاد أوروبا جديدة ، دراسة فى الدولة والمجتمع فى القرن التاسع عشر » . وواضح انه مؤرخ حرفي ملتزم فى اسلوبه بالجامعة بمبدأ التخصص الدقيق ، فأهم أعماله الكبيرة تتركز وتكاد تنحصر فى اوربا فى القرن التاسع عشر ، مع اهتمام خاص بالأسس الاجتماعية والاقتصادية للتاريخ السياسى . وليس فى اختياره هذا المجال أى غرابة ، فالاهتمام بالجوانب الاقتصادية والاجتماعية فى دراسة التاريخ يرجع الى النصف الثانى من القرن التاسع عشر كرد فعل لما حدث فى الحياة الفكرية والسياسية فى أوروبا تحت تأثير الفكر الماركسي . واذا كانت ردود الفعل قد

(1) Theodore S. Hamerow:
Reflections on History and Historians (The University of Wisconsin Press 1987).

(2) — Theodore S. Hamerow:
— **Restoration, Revolution, Reaction: Economic and Politics in Germany in 1815-1871.** (Princeton University Press. 1958)
— **The Social Foundations of German Unification, 1858-1871** (Princeton University Press, 1969, 1972)
— **The Birth of a New Europe: State and Society in the Nineteenth Century** (University of North Carolina Press, 1983)

تباينت وتعارضت أحيانا في بعض المجالات الاخرى بين اتباع المدارس الفكرية المختلفة ، فان كثيرين من دارسي التاريخ على اختلاف انتماءاتهم سلموا بأهمية وضرورة الجوانب الاجتماعية والاقتصادية في دراسة التاريخ ، وانها تمثل في كثير من الاحيان الحقائق الاساسية وراء الظواهر والتغيرات السياسية أو العسكرية . ولكن مناهج تطبيق وممارسة هذه الدراسات لم تستقر على أسس ثابته قوية الا في فترة مابين الحربين العالميتين ، حين قفز بها روستفتزف[٢] قفزة العملاق في دراسته الرائدة عن « التاريخ الاجتماعي والاقتصادي للامبراطورية الرومانية » (عام ١٩٢٦) ، والذى اعتبر حينئذ أهم دارسة شاملة للجوانب الاجتماعية والاقتصادية في واحدة من أهم مراحل التاريخ وهى الامبراطورية الرومانية . وقد أعقبها روستفتزف بدراسة ثانية أرقى منهجا ، موضوعها التاريخ الاجتماعي والاقتصادي للعصر الهلينستي (عام ١٩٤٥) . وقد شارك عشرات من مؤرخي النصف الاول من القرن العشرين في إلقاء الاضواء على الجوانب الاجتماعية والاقتصادية في عصور ومناطق أخرى من الدراسات التاريخية . ولكنها جميعا توقفت أو كادت خلال الحرب العالمية الثانية ، ولم تكد الحرب تضع اوزارها في ١٩٤٥ حتى وجدنا جيلا جديدا من شباب المؤرخين يتقدمون الى صف الصدارة ويتحملون مسئولية توجيه الحركة التاريخية . وتميز هذا الجيل بصفتين واضحتين هما خيبة الامل وروح الثورة . اما خيبة الامل فكان مبعثها أن هذا الجيل نشأ تحت تأثير محنتين قاسيتين زلزلتا كثيرا من أفكارهم ومعتقداتهم ، وهما محنة الازمة الاقتصادية الكبرى في بداية الثلاثينيات ومحنة الحرب العالمية الثانية في نهاية الثلاثينيات . وكان من أهم آثار هاتين المحنتين وظروفهما المعقدة تراجع الليبرالية وانزواؤها بعد أن سادت أوربا سياسة واقتصادا في القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين . أما روح الثورة ـ وهى مترتبة على الصفة السابقة ـ فقد تمثلت في إخضاع التجربة التاريخية السابقة ليس للمراجعة فحسب ولكن لأقسى درجات النقد . وكانت النتيجة هامة جدا ، وهى أن جيل المؤرخين الجدد لم يقتنع بما حققه جيل النصف الاول من القرن العشرين من إنجازات . ورأوا أن مناهجهم ـ رغم ما اتسمت به من دقة علمية ـ أضعف من أن تصل بهم الى معرفة الحقائق التاريخية .

هذه هي الخلفية التاريخية التى عاصرها وكتب في إطارها مؤلفنا تيودور هيمرو . والطريف في كتابه الأخير ، الذى نعرض له هنا ، وهو « تأملات حول التاريخ والمؤرخين » (١٩٨٧) ، انه محاولة جديدة يتقدم بها مؤرخ عانوس ويتخذ فيها موقفا نقديا من المنهج الذى مارسه ومن المدرسة التى عمل في إطارها . ومما يزيد هذه المحاولة طرافة أن هيمرو يمثل بهذا العمل نموذجا غير شائع بين الممارسين للكتابة التاريخية على مستوى التخصص الدقيق . فليس من المألوف أن يهتم المؤرخون المتخصصون بمناقشة الأسس النظرية للمعرفة التاريخية ، بل إن كثيرين منهم يعزفون عنها عن عمد في شيء من الترفع ، اعتقادا منهم أن دراسة إبستيمولوجيا التاريخ أي طبيعة المعرفة التاريخية وقيمتها هى من مباحث الفلسفة أكثر من كونها من مباحث التاريخ . ولذلك لم يتجه الى دراسة الأسس النظرية للمعرفة التاريخية سوى فيلسوف مؤرخ أو مؤرخ فيلسوف . أما المؤرخ الحِرَفى المتخصص فقد

(٢) M.I. Rostovtzeff:— The Social and Economic History of the Roman Empire (Oxford 1926)
— The Social and Economic History of the Hellenistic World. (Oxford 1945).

مضى في سعيه الى معرفة حقائق أحداث الماضي ، يستخرجها من ثنايا ماتخلف عن الماضي من معلومات ، بعد أن يخضعها لمنهجه التجريبي القاسي من التحقيق والنقد والتفسير . من أجل هذا السبب كان لمحاولة هيمرو أهمية خاصة ، لانه ينتمي الى مثال غير شائع بين أساتذة التاريخ ، فاذا كان قد اتخذ مثل غيره من التاريخ مهنة ، وأمضى في دراسته وتدريسه أكثر من ثلاثين عاما ، فقد اختار ـ على غير المألوف ـ وهو في قمة تجربته الاكاديمية أن يجلس جلسة هادئة ويلقي نظرة ناقدة الى الأصول النظرية التي قامت عليها تجربته العلمية وتجربة الجيل الذي عايشه وعاصره .

ولعل أهمية كتاب هيمرو عن التاريخ والمؤرخين ترجع الى أنه إضافة جديدة الى معركة علمية نشبت بين المشتغلين بالتاريخ في النصف الثاني من القرن العشرين . وهي التي عرفت بأزمة التاريخ .

أما سبب هذه الأزمة فهو اختلاف المؤرخين حول أمور أساسية في مهنتهم وهي مفهوم التاريخ وأهدافه ومناهجه . ولاينبغي ان يتبادر الى الذهن ان هذه الأزمة أو تلك المعركة هي الأولى من نوعها في دراسة التاريخ . فالفكر التاريخي له معاركه ايضا . ففي العصور القديمة عند اليونان ثار هيرودوت[4] ـ أبو التاريخ ـ على منهج سابقيه من الاخباريين ، وله الفضل في أنه أطلق على دراسة التاريخ كلمة « Historia » بمعنى بحث ، ومن بعده ارتبطت بكتابة التاريخ . ثم ثار على هيرودوت تلميذه ثوكوديدس[5] ، وأخضع المادة التاريخية لمنهج قاس من النقد العقل أكثر مما فعل هيرودوت . وفي العصور الوسطى غلب التفكير الديني على كتابة التاريخ في الشرق والغرب على السواء ، ولكن هناك بين المؤرخين المسلمين عدد تمثلت فيهم درجة راقية من الموضوعية والنظرة النقدية للمادة التاريخية . ويكفي أن نذكر مقدمة ابن خلدون الذي استطاع في القرن الرابع عشر ان يقدم آراء في الفكر التاريخي والاجتماعي لم يسبق اليها[6] . ثم كانت النهضة الأوربية ، والتي تمثلت في الثورة على الفكر الديني الذي ساد طيلة العصور الوسطى : وقد بلغت هذه الثورة ذروتها في القرن الثامن عشر فيما يعرف بعصر الاستنارة (Enlightenment) والذي يمثله أحسن تمثيل أعظم مؤرخيه ادوارد جيبون[7] ، الذي مارس مبادىء « الاستنارة » من حيث استخدام العقل المجرد في دراسة موضوع « اضمحلال وسقوط الامبراطورية الرومانية » . وكذلك فعل المفكر الفرنسي المشهور مونتيسكيو في دراسة حول « عظمة واضمحلال الرومان »[8] . وما من شك أن هذه الأعمال الرائدة في القرن الثامن عشر تمثل الأصول التي نمت وانطلقت منها كتابة التاريخ الحديثة في أوربا . وفي القرن التاسع عشر بعد ذلك ، وفي إطار الانجازات الرائعة التي حققتها مجموعة من العلوم ، نشطت حركة علمية جادة في التاريخ ، تقاوم بعض التيارات الفلسفية والفكرية التي حاولت ان تقترح نظريات لتفسير التاريخ ، مثل محاولة هيجل ، فتصدى لها رائد الحركة العلمية

---

(4)
— Herodotus, The Persian Wars (C. 484-425 B.C.)

(5)
— Thucydides, The Peloponnesian War (C. 471-401 B.C.)

(6) عبد الرحمن بن خلدون : المقدمة (٧٣٢-٨٠٨هـ / ١٣٣٢ - ١٤٠٦ م).

(7)
— Edward Gibbon, The Decline and Fall of the Roman Empire (1737-1794).

(8)
Montesquieu (1689-1755): Considerations sur les causes de la grandeur des Romains et de leur decadence (1734)

التاريخية وهو المؤرخ الالماني ليوبولد فون رانكة ، الذي رفع شعار : أن هدف المؤرخ هو أن يعرف « حقيقة ما حدث فعلا في الماضي . » وكان لهذه العبارة ـ على بساطتها ـ جاذبية ورواج بين من نظروا للتاريخ نظرة علمية . وفي النصف الاول من القرن العشرين كانت النظرة العلمية للتاريخ قد تأكدت وازدادت عمقا وشمولا بفضل اتساع آفاق المعرفة التاريخية لتتناول الحضارة بمظاهرها المتعددة وبصفة خاصة الجوانب الاجتماعية والاقتصادية . وفي الوقت نفسه ارتقى منهج البحث التاريخي وأرسيت قواعده على أسس علمية تقوم على النقد والتحليل للمصادر .

وهكذا كان قد استقر التاريخ موضوعا ومنهجا في النصف الاول من القرن العشرين ، واكتسب مكانة مرموقة بين العلوم والدراسات الاكاديمية . كما انضاف الى هذه المكانة الاكاديمية مكانة اجتماعية ، نشأت عن اعتقاد راسخ بأن التاريخ ضروري لفهم حركة المجتمع واتجاهه . وما من شك أن الاهمية التي حظي بها التاريخ في منهج التعليم العام كانت تعكس ذلك الاعتقاد بأن التاريخ مفتاح صحيح لفهم الماضي ورؤية المستقبل . وهنا تدخلت أيضا إحدى المدارس الفلسفية التي تبحث في طبيعة المعرفة التاريخية وقيمتها ، والتي تسمى اصطلاحا ابستيمولوجيا episte-mology وعلى كره من المؤرخين الذين ينفرون بطبعهم من التفكير النظري ، أخضعت هذه المدرسة المعرفة التاريخية لمباحثها ، وحددت ان قيمة التاريخ تكمن في أنه إذا أمكننا أن نعرف من أين جئنا ، لأمكننا أن نعرف أين نحن ذاهبون . وصاغ هذه الفكرة أحد أعلام هذه المدرسة وهو جورج سانتيانا ، في كتابه « حياة العقل » على هذا النحو : « ان أولئك الذين لايمكنهم تذكر الماضي ، مقضي عليهم بتكراره »[9] (بمعنى تكرار أخطائه ومآسيه) .

هذا هو الموقف وهذه هي المكانة التي كانت قد حظيت بها دراسة التاريخ حين اندلعت نيران الحرب العالمية الثانية ١٩٣٩ ، ولم تكد هذه الحرب تضع أوزارها عام ١٩٤٥ حتى كان الموقف قد تبدل تبدلا بعيدا ، وواجهت المعرفة التاريخية ظروفا مختلفة كل الاختلاف ، لم يتوقعها أحد من المؤرخين أو يحسب حسابها . ويمكن أن نجمل عناصر الموقف الجديد في نقاط ثلاث :

النقطة الاولى تتمثل في التأثير الذي أحدثته التطورات السياسية المذهلة والمتلاحقة على الشاشة العالمية وماصاحبها من تطورات علمية مذهلة أيضا عرفت بثورة المعلومات على بعض العقول الحساسة من المشتغلين بالتاريخ ، فمنهم من لم يتمكن من استيعاب ما هو حادث ، وشعر شعورا مريرا بعجز المعرفة التاريخية عن أن تفسر كل ما هو حادث تفسيرا مقنعا . وكانت النتيجة هي الشعور باليأس .

النقطة الثانية هي تعرض دور المعرفة التاريخية كدليل للمستقبل لتحدٍّ قوي من جانب مجموعة من العلوم الحديثة ، بدت وكأنها أقدر على تقديم حلول لمشاكل العصر أصح مما قدّم التاريخ . بدت العلوم الحديثة ـ وهي الاقتصاد والاجتماع والأنثروبولوجيا وعلم النفس ـ أكثر دقة وعلمية وثقة مما أظهره التاريخ . فهذه العلوم تصدت لمعضلات العصر التي تقضُّ مضاجع الحكام وتقدمت بحلول محددة لمشاكل التضخم والبطالة ، أو الصراعات السياسية والاجتماعية ، أو الفقر والجريمة ، أو السلوك

(9) — George Santayana, The Life of Reason, 5 vols. (1905-6).

والأخلاق ، أو هموم الأفراد والقلق العام . وبالمقارنة بدا التاريخ أكثر غموضا وأقل دقة وغير قادر على أن يوحي بالثقة المطلقة التي أصبح المجتمع يتوقعها من البحث العلمي . ويعكس هذا الارتقاء الذي حققته العلوم الاجتماعية في سلّم المكانة الاجتماعية والأكاديمية على حساب التاريخ تصوّرا عاما له دلالته ـ سواء أصبح أو لم يصبح ـ وهو أن الماضي لم يعد يصلح دليلا للمستقبل . فالتغيرات التي حدثت في العالم عقب الحرب العالمية الثانية بدت هائلة لدرجة جعلتنا نعتقد أن دروس التاريخ ـ حتى إذا أمكننا أن نتيقن ما هي ـ غير قادرة على أن تعدّنا لمواجهتها . واحتل علماء الاجتماع كرسي العرافة في المجتمع بدلا من المؤرخين . ولكن من يدري ، فربما لاتدوم حظوتهم بقدر مادامت للمؤرخين . فهناك ادراك متزايد أن الأبحاث العلمية لايمكنها أن تقدم ضمانات أكيدة لحل المشاكل الاجتماعية ، وأن المجتمع مضطر أن يعتمد الى حد كبير على محض الصدفة في التجارب والحكمة الفطرية في الانسان ، وكذلك الخط الأعمى لغز الأمر . (راجع هيمو ص ١٤) .

النقطة الثالثة هي ثورة جيل المؤرخين الجدد التي أشرنا اليها ، وكان لهم موقف مزدوج ، يتمثل في رفض روح اليأس التي أصابت المؤرخين التقليديين أو الذين ركنوا الى بعض مذاهب فلسفة التاريخ ، وفي قبول تحدى العلوم الاجتماعية . وقد نشأ هذا الموقف المزدوج من إدراك رواد هذه الحركة أن التجربة التاريخية الماضية شديدة التعقيد والعمق والتداخل بحيث لايجدى في فهمها منهج التقليديين ولامحاولات النظريين من فلاسفة التاريخ ، ولابد من نظرة اجتماعية شاملة جديدة ، توجه للماضي الاسئلة التي توجهها العلوم الاجتماعية للحاضر ، وتستخدم للاجابة عليها مناهج العلوم الاجتماعية بعد استيعابها وتطبيقها حسب قواعد منهج البحث التاريخي . وقد تبلور هذا الاتجاه الجديد فيما عرف بحركة التاريخ الجديد .

هذه هي العناصر الثلاثة الاساسية التي نشأ عنها ماعرف بأزمة التاريخ منذ منتصف القرن العشرين ، وانقسمت بشأنها مواقف المؤرخين انقساما حادا ، وتعددت ـ على المألوف ـ كتاباتهم حول أهداف المعرفة التاريخية ومناهج بحثها . ويمكننا أن نذكر على سبيل المثال الكتابات التالية :

- Geoffey Barraclough: History in a Changing World (1955)
- Hans Meyerhoff: History and Philosophy (1959)
- E.H. Carr: What is History? (1961)
- J.H. Plumb: The Historian's Dilemma (1964).
- Historical Studies Today, Daedalus Vol. 100 No. 1 (1971) the Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences.
- B.B. Wolman (ed): The Psychoanalytic Interpretation of History (1971).
- E. Le Roy Ladurie: Le Territoire de L'Historien (1973).

ومع نهاية السبعينيات وبداية الثمانينيات كانت المعركة قد هدأت بعض الشيء وساد اعتقاد أن الازمة قد انحسمت لصالح دعاة التاريخ الجديد ، حتى دفع ثيودور بكتابة الاخير (١٩٨٧) ، وكأنه لم يقتنع بكل ما حدث ، فحرك شكوكا كان قد تجاوزها أطراف المعركة في بعض مراحلها السابقة . ولسنا هنا بصدد تناول جميع مراحل الأزمة أو تفصيلات الحوار الذى احتدم بين المؤرخين التقليديين ودعاة التاريخ الجديد على مدى

اربعين سنة مضت . ولكن يمكننا أن تجمل أهم المواقف والأراء التي تمثل وجهة نظر كل جانب .

ونبدأ بوجهة نظر المتشائمين الذين وقعوا تحت تأثير الصدمة ، وذهبوا الى أن أزمة التاريخ ناتجة عن عوامل عميقة وكامنة بحيث لايجدى معها كل محاولات الترميم والاصلاح ، سواء في المنهج أو المضمون . وفي عام ١٩٥٥ نجد مؤرخا مرموقا مثل جفرى بارا كلاف (جامعة اكسفورد) يكتب تحت تأثير الاحساس بالأزمة في الكتابة التاريخية فيقول « إننا مهاجمون بإحساس من عدم الثقة ، بسبب شعورنا أننا نقف على عتبة عصر جديد لاتزودنا فيه تجاربنا السابقة بدليل أمين لسلوك دروبه . إن إحدى نتائج هذا الموقف الجديد هو أن التاريخ ذاته يفقد - إن لم يكن قد فقد - سلطانه الذى سبق أن مارسه على أرقى العقول باعتباره السبيل لفهم الحياة المعاصرة[١٠] » ويزداد الموقف اليائس عمقا وخطورة بانضمام واحد من رواد المشتغلين بفلسفة التاريخ في الغرب وهو هانس مايرهوف حين تصدى لتحليل الموقف كما بدا له عام ١٩٥٩ حيث قال « لقد شهد عصرنا ذروة التعقيدات التي بدأت تتكون في القرن التاسع عشر .... وأن العالم قد بلغ درجة من التعقيد بحيث لايجدى في فهمها عملية التحليل التاريخي . فبالنسبة لمعظم الناس يبدو تتابع الأحداث في التاريخ المعاصر شديد السرعة والتناقض والغموض ، وأن القوى التي تحركها شديدة الخفاء وغير منطقية ولا يمكن التحكم فيها ، لدرجة أنهم يشعرون بالضياع في هذا العالم من تاريخ ليس من صنعهم ، وأن البدائل المتاحة أمامهم هي إما أن يعتزلوا التفكير في التاريخ ويتركوه للمؤرخين ، أو أن يفروا - كما فعل كثير من المؤرخين - من أعباء التاريخ الى عقيدة وراء التاريخ ، تتمثل في الفن أو الاساطير أو الدين أو اللامبالاة[١١] » . وتستمر موجة التشاؤم قوية عنيدة ويلحق بها المؤرخ البريطاني ج . هـ . بلومب (جامعة كمبردج) ، الذى يعلن في اصرار أن الأسباب التقليدية التي كانت تقدم لتبرير دراسة الماضي قد بليت بدرجة بعيدة . ففي مقال بعنوان « حيرة المؤرخ » عام ١٩٦٤ يقرر : « . . . . أن ليس للتاريخ معنى أو فاعلية أو رجاء . لقد اندثرت فكرة الرقيّ المطلق بين المشتغلين بالتاريخ ، . . . وأن ٩٠٪ منهم يرون أن العمل الذى يمارسونه لا معنى له على الاطلاق » . ثم يضيف ، « هنا يكمن التناقض المأسوى ، فبينما شهد هذا القرن أروع الفتوح لأقصى آفاق المعرفة التاريخية ، نجد تناقصا مستمرا في أعداد المؤرخين الذين يؤمنون أن صنعتهم ذات قيمة إجتماعية ، فلا دخل لها في تنسيق الجهد الانساني أو الفكر الانساني »[١٢] .

وجدير بنا أن نلاحظ أن إشارة بلومب الى « اندثار فكرة الرقيّ المطلق بين المشتغلين بالتاريخ » ، هي رد فعل سريع لموقف أقل تشاؤما وأكثر اعتدالا من وقفة مؤرخ آخر قبله بثلاث سنوات وهو إ . هـ . كار عام ١٩٦١ وأعلن في تحدٍّ : « إنى مازلت غير مقتنع بأن الرقي في التاريخ قد توقف . . . وأذهب الى أن امكانية

---

(١٠) — Geoffrey Barraclough, **History in a Changing World,** (Oxford 1955) 1.

(١١) — Hans Meyerhoff, "History and Philosophy" (in) **The Philosophy of History in Our Times,** ed, by Hans Meyerhoff (Garden City, N.Y. 1959) 22-23.

(١٢) — J.H. Plumb, "The Historian's Dilemma", (in) **Crisis in the Humanities,** ed. J.H. Plumb (Baltimore, 1964) 25-26.

الرقيّ أو التقدم غير محددة . »[١٣] وهو ترديد لموقف متفائل سبق أن أكده برتراند راسل (١٩٥٦) في قوله : « نحن ندرك من التاريخ أن احوال الانسانية لاتحدها نهاية ، فلا وجود لكمال ثابت على حالة واحدة ، ولا لحكمة لايمكن الارتقاء بها » .[١٤]

هذا الانقسام في الرأى الذى شهدته الخمسينات من هذا القرن كان انقساما أكاديميا أثارته أسئلة قديمة حول نظرية الرقيّ (Progress) التي تضرب بجذورها الى القرن الثامن عشر ، او حول القيمة العملية للمعرفة التاريخية التي نادى بها الابستيمولوجيون منذ مطلع القرن العشرين . هذه الأسئلة أثارها رجال من جيل ماقبل الحرب ، وقد عاشوا ليوجهوا المتغيرات الجديدة بعد الحرب ، فمنهم من تشاءم ومنهم من تفاءل على نحو ماراًينا . في غضون هذه الحيرة وهذا الخلاف بين الفلاسفة والمؤرخين بدأ يظهر رد فعل فئة المتمردين من شباب المؤرخين ، الذين لم يشغلوا أنفسهم بغراميض اليأس والأمل ، وأعلنوا دعوة قوية الى كتابة التاريخ الجديد . ذلك أنهم رفضوا الخوض في الجدل الفلسفى حول المعرفة التاريخية . فاذا كان الفلاسفة يشغلون أنفسهم بحقيقة المعرفة ، فان المؤرخ يجب أن يشغل بمعرفة الحقيقة وبعد أن عكفوا على تقويم التجربة التاريخية السابقة حتى منتصف القرن العشرين ، خرجوا بنتيجة حاسمة ، وهى أن الأزمة لم تنشأ بسبب قصور في طبيعة المعرفة التاريخية ، ولكن بسبب قصور في تصوّر المؤرخين السابقين ومناهجهم . ومن أجل الوصول الى معرفة تاريخية أرقى لابد من احداث تغيير في طبيعة الدراسة التاريخية ، ولابد من استحداث مناهج جديدة . فاذا كان المؤرخون حتى منتصف القرن العشرين قد حققوا درجة عالية من النظرة الشمولية الى التاريخ ، وقلبوا النظر في جوانبه المتعددة : السياسية والاقتصادية والاجتماعية والنفسية والحضارية بإجمالها ، وذلك بمنهج علم التاريخ ، فإن مدرسة التاريخ الجديد تدعو الى نظرة أكثر كشفا بتطبيق مناهج العلوم الاجتماعية ذاتها . أى أنهم رفضوا فكرة التاريخ السياسى والتاريخ الاجتماعى والتاريخ الاقتصادى والتاريخ الحضارى التقليدية ، ودعوا الى دراسة السياسة التاريخية والاقتصاد التاريخى والاجتماع التاريخى وعلم النفس التاريخى . وكانت النتيجة أن شهد البحث التاريخى أكبر ثورة عرفها منذ بدايته قبل أكثر من خمسة وعشرين قرنا مضت . وتحول المؤرخون بسرعة متزايدة من طريقة « الموضوعات » وأسلوب « الوصف » في « عرض » الأحداث والأحوال السياسية والدبلوماسية والعسكرية والاقتصادية والاجتماعية ، الى « معالجة المشاكل » التي كانت وقفا على العلماء الاجتماعيين من قبل . وأخذ المؤرخون يستحدثون تفريعات وتخصصات جزئية في دراساتهم لم تكن مألوفة من قبل ، مثل الاحصاء التاريخى والديموغرافية التاريخية ، والانثروبولوجيا التاريخية ، وعلم النفس التاريخى . واتجهوا اكثر فأكثر الى موضوعات التحليل الاحصائي لأنماط التصويت الانتخابي والخلفيات الاجتماعية ، أو التغير في نسب المواليد والزواج والوفيات ، أو بنية المجتمع وتكوين الاسرة ، أو العديد من جزئيات الحياة اليومية لجماهير الناس الذين أهمل ذكرهم عادة التاريخ التقليدى (ص ١٤ ـ ١٥) . هكذا كان ميلاد « تاريخ جديد » أوجز تعريفه مؤخرا لورانس ستون بهذه العبارة : « ومما يجعل التاريخ الجديد هاما أنه يفحص في الماضى ذات

(١٣) — E.H. Carr, **What is History?** (Macmillan, 1961; Penguin 1964) 119.

(١٤) — Bertrand Russell, **Portraits from Memory** (London, 1956). 17ff.

المشاكل والقضايا التي تفحصها علوم الديموغرافية والاجتماع والانثروبولوجيا وعلم النفس في الوقت الحاضر . »[١٥]

وتعددت مراكز حركة التاريخ في أوروبا وأمريكا وتعددت منابرها وكان من أهم مراكزها وأكثرها نشاطا وتميزا مجموعة من المؤرخين الفرنسيين اتخذوا من دورية « الحوليات » (Les Annales) منبرا لها ، وفي انجلترا أصبحت دورية « الماضي والحاضر » (Past and Present) منبر كُتّابهم باللغة الانجليزية ، وفي أمريكا أفسحت دورية ديدالوس Daedalus مجالا لهم على صفحاتها ، وخصصت لها نشرة مستقلة في عام ١٩٧١ بعنوان « الدراسات التاريخية اليوم » . ويكفي أن نتابع أعمال رواد هذه الحركة التاريخية الجديدة في هذه الدوريات أو غيرها من منشورات لندرك مقدار ما أحدثته في دراسة التاريخ من تنوع وتجديد وإثراء لانعرف له مثيلا من قبل . وكانت نتائج أعمال دعاة التاريخ الجديد باهرة حقا ، بعثت في التاريخ حيوية وأصالة ـ في المضمون والمنهج ـ كادت تُبلى تحت رتابة الكتابة التقليدية التي تعلقت ببعض الأفكار الكلية التي تحدرت من القرن التاسع عشر . وليس أدل على مدى ما أحدثته أعمال دعاة التاريخ الجديد من تأثير في دوائر المؤرخين ، من أنها استمالت الى جانبهم بعض من أصابهم اليأس تحت أول إحساس بالأزمة وذلك كما حدث للمؤرخ بارا كلاف الذي اعتقد في سنة ١٩٥٥ « ان المؤرخين مهاجمون بإحساس من عدم الثقة » . . . كما سبق أن ذكرنا ، ولكن بعد مرور أكثر من عشرين عاما ، استطاع بارا كلاف بعقله المرن المتفتح أن يتجاوز هذا الاحساس باليأس وعدم الثقة ، فيغير موقفه ويستعيد ثقة مطلقة في دراسة التاريخ ويكتسب نظرة جديدة تماما فيكتب في سنة ١٩٧٨ : « التاريخ وحده قادر على أن يمدنا بالبصيرة اللازمة لفهم حقيقة تطور الظواهر والنظم الاجتماعية عبر الزمن . ولكن ينبغي أن يكون تاريخا تسوده روح علمية ويحتويه توجه اجتماعي . إن التطورات الاخيرة قد جعلت مثل هذا التاريخ في متناول أيدينا ، بقي على الجيل الجديد أن يمسك به وأن يحسن استخدامه »[١٦]

وما ينبغي أن نظن أن موقف بارا كلاف وتحوّله في حماس لحركة التاريخ الجديد يمثل اتجاها عاما بين المؤرخين ، فقد استمر الموقف الرافض المتشائم يقاوم التحوّل والتجديد في إصرار عنيد . ففي عام ١٩٧٧ طالعنا دافيد دونالد من جامعة هارفارد بمقال يحمل عنوانه معنى الاستفزاز والتحدي وهو « تاريخنا بلا أهمية » ، ويؤكد فيه عدم فائدة التاريخ للحاضر والمستقبل ، ويعلن : « أن التاريخ يظهر مقدار ضعفنا ، وأننا لانتعلم من أخطاء الماضي ، وما أقل تأثيرنا فيما يَنزل بنا من أحداث ، وما أشد عجزنا في قبضة قوى طبيعية أساسية ، هي التي تشكل الوجود الانساني . »[١٧]

هذا التحدي السافر الذي أعلنه دونالد لم يمر دون رد فوري من دعاة التاريخ الجديد ، على لسان بلاش كوك ، في تهكم يتحول الى حدة سياسية أحيانا : « ربما أحدثت فينا فرضية دونالد للتاريخ أثرا بالغا لو لم تصدر عن موقف خاطىء متصلب . لأن التاريخ كما كان

---

(١٥) — Lawrence Stone, "The Revival of Narrative: Reflections on a New Old History," Past and Present, 85 (1979) 15.

(١٦) — Geoffrey Barraclough, "History" (in) Main Trends of Research in the Social and Human Sciences, Part 2, vol. I, ed. Jacques Havet, (The Hague, Paris, New York, 1978) 443.

(١٧) — David H. Donald, "Our Irrelevant history," reprinted in American Historical Association Newsletter, (1977), 4-6.

يُدرّس في الماضي ، ذلك التاريخ الذى أقرّ دونالد بعدم أهميته ، كثيرا ما أهمل الفقراء والمستضعفين والمظلومين . حقا كثير من الدروس التى قدمها المؤرخون التقليديون ليست بلا أهمية فحسب ، ولكنها خطيرة لأنها ليست ولم تكن صحيحة . الناس فقط هم القادرون على التقدم ، وليست غوامض الأمل . الناس قادرون على التحكم في مصيرهم ...... إننا نعيش عصر ثورة ، والثورة مرحلة وليست مجرد حادثة وإن كنا نتطلع الى أن نعلّم التاريخ ، فعلينا أن نتجنب إغراء تقديس الماضى أو تمجيده . »[١٨]

بعد أن اشتدت حدة الحوار على هذا النحو ، هدأت المعركة بعض الشىء وانصرف كل فريق الى عمله ، الى أن كتب مؤخرا ثيودور هيمرو كتابه « تأملات حول التاريخ والمؤرخين » (١٩٨٧) وعقد الفصل الاول لأزمة التاريخ . والكتاب في رمته يغلب عليه طابع المحافظة ، ورغم انه حاول ان يصطنع أسلوب الحل الوسط ، إلا أن مناقشته للقضايا التى يعرض لها والأحكام التى ينتهى اليها تكشف عن معارضة مستمرة لمدرسة التاريخ الجديد ، كما يتضح لنا في ثنايا هذا الفصل الأول أنه من بين المؤرخين المتأثرين بشىء من فلسفة التاريخ ، على نحو مارأينا في موقف مايرهوف في مرحلة مبكرة من الأزمة (١٩٥٩) ، حين اعتقد بانقطاع الصلة بين التجربة التاريخية وما هو حادث في النصف الثانى من القرن العشرين . وبعد أكثر من ربع قرن نجد هيمرو يدعونا الى نوع من العزلة الاكاديمية ويقول (ص ١٢) : « إن المؤرخين مضطرون أن يقتنعوا بفكرة ان أهمية التاريخ تكمن في ذاته ، وأنها تتمثل في الاهتمام بالماضى الذى يشعر به الانسان شعورا فطريا ، وأنه جزء من إنسانيته ، وليس لعلاقته أو لما يسلطه من ضوء على مشاكل المجتمع أو العصر . فالتاريخ بهذا المعنى لاعلاقة له بالواقع الراهن . » وبعد مناقشة لبعض الآراء ومقارنة بين ما حدث في التاريخ وما حدث في بعض الدراسات الانسانية الأخرى ، يكرر ما سبق أن أعلنه بلومب وآخرون ، فيؤكد « إنه من الصعب أن نتجنب الاستنتاج بأن مهنة التاريخ تمر حقيقة بأزمة لا مثيل لها من قبل » (ص ٢٧) . ثم يعود في نهاية الفصل الى تفصيل ما أجمل في عبارته السابقة فيقول : ان التفكير الهادىء يدلنا أن التاريخ بمعنى دراسته ينبع من حاجات واهتمامات أساسية تمتد جذورها في صميم التجربة الانسانية الجماعية .... فحب المعرفة التاريخية كامن فينا ، لأن لنا جميعا اهتماما غريزيا بالعلاقة بين الماضى والحاضر ..... فإذا ما سلمنا بأن الطبيعة الفطرية الغريزية هى منشأ اهتمامنا بما حدث في الماضى ، فان ذلك يعيننا على أن نعالج السؤال المقلق الذى يُهاجَم به المؤرخون دائما ، وهو « ما فائدة التاريخ ؟ » ويرد هيمرو بقوله : « ليس للتاريخ فائدة . إنه ببساطة موجود ، وهو موجود لأن حياة الجماعة لاتستمر بدونه . فإننا نحس حاجة ملحة لنعرف من أين جئنا من أجل أن نعرف أين نحن . إننا نشعر بحاجة لأن نتخطى حدود سنوات حياتنا القصيرة على الأرض ، لنرى وجودنا جزءا من الوجود العام للأمة أو الجماعة أو الحضارة أو الانسانية جمعاء .. » (ص ٣٣)

ثم يستدرك هيمرو القول ، فيضيف بأن التاريخ قد يلقى ضوءا ضئيلا على ظلام المستقبل : « فالدراسة التاريخية ـ إن هى مورست بذكاء وبوركت بشىء من الحظ ـ يمكن أن تهدى خطواتنا الى المستقبل ، وربما زادت بعضا حكمة او فضلا ، ولكن يبدو أنها لاتحدث

---

(١٨) — Blanche W, Cook, in A.H.A. Newsletter (1977) 6.

أثرا فى مسلك معظم الناس . » وهنا ينتهى هيمرو الى الاستشهاد بما كتبه هيرودوت منذ نحو خمسة وعشرين قرنا « بأن هدف التاريخ هو ألا يمحو الزمن ما قدم الانسان من أعمال ، وألا تفقد مكانتها ماقام به الاغريق والشعوب الأخرى من إنجازات عظيمة رائعه . » ويعقّب هيمرو بقوله : « مايزال هذا هو واجبنا الأول . باستطاعتنا أن نستمر فى صراعاتنا مع ألغاز المستقبل ، دون أن ننسى أن احتمال الخطأ فى حكمنا كبير ، وباستطاعتنا أن نسعى الى أن نسيطر على الطبيعة البشرية فينا ، متذكرين دائما مالقوى الشر من سلطان . ولكن الاكثر أهمية ، دعنا نكون شهداء على ما حدث فى الماضى ، حتى لايمحو الزمن أعمال الرجال والنساء السابقين ، وحتى يعلم الجميع ماقمنا به وقام به غيرنا من جلائل الأعمال . »(ص٣٣)

هذه الاقتباسات المختلفة من أقوال هيمرو توضح ضعف موقفه بين الجانبين المتعارضين ، فهو من ناحية يحاول أن يجمع بين النقائض ، فى حين يكرر مواقف سابقة ذات إيحاء من فلسفة التاريخ . فالتردد بين عدم الفائدة المحدودة للتاريخ يكشف عن التناقض ، وبعد أن نادى بغريزية المعرفة التاريخية ، يستعيد الفكرة التربوية للتاريخ كما صاغها سانتيانا ويحولها الى قضية ديكارتية : « اذا عرفت من أين جئت ، عرفت أين أنا . » وهو قول يتعارض مع ادعائه بعدم وجود علاقة بين التاريخ والواقع الراهن (ص ١٢) . وبعد هذا التفكير النظرى المتناقض ، ينتهى فجأة الى نوع من التفكير الانسانى والواقعى اشتهر به أبو التاريخ هيرودوت . ومرة ثانية أوقع هيمرو نفسه فى التناقض حين تشبه بموقف هيرودوت من التاريخ ، وشتان بين الموقفين ، فتفكير هيرودوت التاريخى يقوم على أسس تختلف عما أعلنه هيمرو . فعلى سبيل المثال هناك مبدأن أساسيان يقوم عليهما تصور هيرودوت للتاريخ ، وهما ترابط الحركة التاريخية فى العالم كما عرفة ، وأثر التجربة الماضية على أحداث الحاضر . وعلى أساس هذين المبدأين راح هيرودوت يدرس أحداث الحرب بين الفرس واليونان ، والتى يمكن أن تعتبر أول حرب عالمية فى التاريخ . فلايكفى أن يقتبس هيمرو عبارة من افتتاحية هيرودوت المشهورة دون أن يُلم ويناقش أبعادها التطبيقية كما أرادها هيرودوت .

●●●

بعد هذا الفصل الأول الذى قدّم فيه المؤلف موقفه من بعض الجوانب النظرية فى دراسة التاريخ ، وما أصابها من أزمة واختلاف فى الرأى ، ينتقل الى موضوع له طرافته ، وهو التاريخ من حيث هو مهنة .

فيفرد هيمرو لهذا الموضوع ثلاثة من مجموع فصول كتابه الستة ، هى الفصل الثانى بعنوان « تحول المعرفة التاريخية الى مهنة (The Professionalization of Historical Learning) والفصل الثالث بعنوان « مَنْ آل اليه عمل المؤرخ (Becoming a Historian) والفصل الرابع دراسة التاريخ وسيلة للحياة (History as a Way of Life) ويحاول المؤلف فى هذه الفصول الثلاثة أن يدرس الجانب الاجتماعى للمشتغلين بالتاريخ وظروفهم المتغيرة وأثر ذلك على الدراسة التاريخية . وقد قام بتجميع مادة إحصائية مبعثرة وأفاد من بعض الدراسات الاجتماعية التى أجريت على الجامعات الامريكية بصفة خاصة . وسوف نركز فيما يلى على النقاط ذات الاهتمام العام التى قد نجد لها تطبيقات مماثلة فى العالم العربى ، أو نقارن بين مايذكر المؤلف وما حدث فى التجربة العربية .

أما بالنسبة لتحول المعرفة التاريخية الى مهنة ما ، فهي ظاهرة بدأت في القرن التاسع عشر مع انتشار التعليم وتعميمه تدريجيا بعد ذلك في القرن العشرين ، وأصبح التاريخ واحدا من العلوم الأساسية في التعليم العام . وكان من الطبيعي أن استجابت الجامعات والمعاهد العليا لضرورة الموقف ، وأصبح التعليم الجامعي يُعِدّ المتعلمين لمهنة تدريس التاريخ في المدارس والجامعات على السواء . وهكذا نشأت للتاريخ مهنة ، بمعنى تعلمه بهدف العمل به والارتزاق منه ، شأنه في ذلك شأن أي مهنة أخرى مثل القانون أو الطب أو الهندسة . . . ولم تكن مهنية التاريخ ظاهرة متفردة ، ولكنها تعكس تطورا عاما شمل الدراسات الانسانية . ونظرا لأن التعليم الجامعي يقوم على البحث العلمي الذي يرتبط عادة بالتخصص ، وجدنا تعليم التاريخ في الجامعات يقوم أيضا على التخصص . ويلاحظ المؤلف أن من مظاهر وجود مهنة لدراسة التاريخ أن تكونت الجمعيات التاريخية التي اقترنت عادة بإصدار دورية علمية تتعهد بنشر أرقى الأبحاث التاريخية . وأسبق الدوريات التاريخية ظهرت في ألمانيا (١٨٥٩) ثم فرنسا (١٨٧٦) وايطاليا (١٨٨٤) وبريطانيا (١٨٨٦) وأمريكا (١٨٩٥)[١٩] .

وهكذا كان من نتائج مهنية التاريخ وصدور الدوريات العلمية أن اصطبغ العمل التاريخي بالتخصص الدقيق بنسبة متزايدة . ولم تمر بدايات التخصص الدقيق دون قلق ومعاناة ، وخاصة من جانب التقليديين والهواة من المؤرخين غير الأكاديميين ، الذين أفزعتهم النظرة الجديدة والطبقة الجديدة من أولئك المؤرخين الحرفيين . ومن مظاهر الخوف والفزع أحيانا أن يلجأ الشخص الى السخرية من خصومه أو منافسيه . ويورد لنا هيجرو مثالا طريفا لما فعله تيودور روزفلت الذي كان رئيسا للولايات المتحدة في مطلع القرن العشرين ، وكان مثل جلادستون من قبله ونستون تشرشل من بعده ، سياسيا محترفا ومؤرخا هاويا ، وله عدة كتب في موضوعات من التاريخ الحديث الأوربي والامريكي . وكان يرى أن كتابة التاريخ عمل خلاق ، بمعنى أنه عمل فني يعتمد على الموهبة مثل غيره من الفنون الأدبية . وقد هاله غلبة المنهج العلمي الجديد على شباب المؤرخين الأكاديميين ، فهاجمهم هجوما لاذعا في أحد رسائله عام ١٩٠٤ . وبدأ بأن انتقد مبدأ الحيدة والموضوعية العلمية ، بدعوى أنه أنتج كتابة تاريخية جافة لا طعم لها ولا لون ولا حياة ، ثم سخر من شباب المؤرخين الأكاديميين بهذه العبارة : « كان من الممكن أن يكون هؤلاء العاملين المخلصين المجدين المدققين من صغار المتحذلقين بعض الفائدة في عالمهم الصغير ، لو أنهم عرفوا حدود قدراتهم ، ولكنهم ـ بسبب غرورهم ـ أصبحوا شديدي الضرر . انهم يعتقدون اعتقادا راسخا أنه لو أن منهم عددا كافيا ، ولو أنهم قاموا بمجرد تجميع قدر كاف من الحقائق في كل مجال ومن كل نوع ، فلن تكون هناك حاجة الى كبار الكتاب وكبار المفكرين . » ويستمر في سخريته باقتراح الوظيفة اللائقة بهم على هذا النحو : « فكل واحد منهم يصلح أن يكون عامل يومية لا بأس به ، قادرا على جر عربته المحملة بأحجار البناء وأهلا لما يتقاضاه من أجر ، فطالما أنهم يرون أنفسهم كما هم ، فإنهم جديرون بكل احترام ، ولكن عندما يتخيلون أنهم بعمالهم قد جعلوا

(١٩) — Historische Zeitschrift (1859); Revue Historique (1876); Rivista Storica Italiana (1884); English Historical Review (1886); American Historical Review.

عمل المهندس غير ضروري ، فإنهم يصبحون عناصر عبث وعوامل هدم . »[٢٠]

رغم أن مؤلفنا يستشهد بهذه العبارة وغيرها (ص ٥٤ ـ ٥٩) ويصفها « بالحدة » ، فإنه لا يناقشها ولا يحاول بيان أبعادها الأكاديمية والاجتماعية . فموقف روزفلت وأمثاله في حقيقة الأمر شديد الدلالة على أمرين هامين : الاول هو مقدار الأثر الذي أحدثه الاتجاه العلمي الجديد في دوائر دارسي التاريخ في مطلع القرن العشرين ، مما أفزع التقليديين والهواة ، والثاني هو النظرة الطبقية المتعالية التي تنم عنها الصورة الساخرة التي رسمها روزفلت للأكاديميين الذين يرتزقون من دراسة التاريخ وتدريسه بالجامعات . فطبقة روزفلت من الهواة لم يكونوا يتعيشون من كتابة التاريخ . وكان من الطبيعي أن نجد رد فعل سريع لها ، ليزيل أثر البلبلة التي يمكن أن تحدثها مثل هذه الآراء المحافظة . ففي سبتمبر ١٩٠٤ وقف وودرو ويلسون مفسراً ومنبهاً معاً لأهمية ودور المؤرخين الأكاديميين ، وأنهم السبيل الى دفع الحركة التاريخية طالما يضعون نصب أعينهم قاعدة أساسية وهي « أن الجزئية التاريخية تظل غير صحيحة اذا عزلت وفصلت عن سائر الأجزاء ، فهي دائما جزء من كلٍّ شديد التنوع والتعقيد ، ويجب أن توضع في موضعها الصحيح من النسق العام للأحداث ، حتى تتضح طبيعتها ومعناها الحق . ومع ذلك فيجب أن تتم دراستها وفهمها منفردة .. وبعبارة أخرى ، الكل والجزء هما سدى ولحمة نسيج واحد . »[٢١]

بهذه العبارة المتزنة المتفائلة وضع ويلسون يده على عنصر من عناصر الأزمة منذ بداية التاريخ العلمي في مطلع القرن العشرين ، وهو العلاقة بين الجزء والكل في الدراسة التاريخية . وهي فكرة غير جديدة ، وتمتد أصولها العلمية الى أعظم مؤرخي القرن التاسع عشر ليوبولد فون رانكه ، وهو أول من دعا بجدية علمية الى ضرورة دراسة تاريخ العالم لأن التجربة التاريخية تثبت أن الأحداث والتغيرات الاقليمية أو القومية كثيرا ما تكون شديدة الصلة أو التأثر بأحداث أو تغيرات عالمية الأبعاد . ولم يكن غريبا في النصف الاول من القرن العشرين أن اندفعت الحركة التاريخية في الاتجاهين معا ، اتجاه العالمية واتجاه التخصص . ومع ازدياد ظاهرة التخصص وتعرضها للنقد في النصف الأول من القرن العشرين ، برز تيار يحاول أن يحفظ التوازن بين النظرة المتخصصة والنظرة الشمولية . وتقدم عدد من المؤرخين المحترفين والهواة ، حاولوا أن يفيدوا من ثمار الازدهار التاريخي في القرن التاسع عشر ومن ثمار الأكاديميين في النصف الأول من القرن العشرين في بناء نسق تاريخي أو حضاري عالمي ، فيما يتمثل في أعمال هـ . ج . ولز وويل ديورانت وأرنولد توينبي وغيرهم . ورغم أهمية هذه الأعمال وفائدتها ، فانها لم تقنع الأكاديميين المتخصصين ، الذين أعرضوا عن هذا الأسلوب ، ومضوا في طريق التخصص الدقيق غير عابئين بسخرية الشموليين أو نقد المؤرخين الفلاسفة الذين شغلوا أنفسهم بالنظريات والايديولوجيات ، أكثر مما شغلوا أنفسهم بالحياة وواقع التجربة الانسانية . وقد أعانهم وثبت أقدامهم في مسيرتهم ما كانت تحققه العلوم الطبيعية من انتصارات تكاد تخطف الأبصار . ويقوم موقف الأكاديميين المتخصصين المتفائل على فرض أن التاريخ علم تراكمي مثل الطبيعة والكيمياء ، حيث الاضافات

---

(٢٠) — The Letters of Theodore Roosevelt, ed. Elting E. Morrison (Cambridge, Mass. 1951-4) III 707-8.
(٢١) — The Papers of Woodrow Wilson, ed. Arthur S. Link, (Princeton, N.J. 1966-) IV 472-3.

الصغيرة في العديد من مجالات التخصص تؤدي تدريجيا الى تفسيرات شاملة . وهكذا يكون تجميع أكبر كمّ من المعلومات الصحيحة له ما يبرره كشرط أساسي للتقدم العام للعلم . وعلى ذلك فالأبحاث المتخصصة والمادة المستمدة من دور المحفوظات والوثائق تكون وحدات أحجار البناء التي يستطيع عالم مدرب التدريب اللائق أن يقيم صرحا من المعرفة التاريخية أكثر كمالا وأثبت أساسا . وهكذا أيضا تنتهي المقابلة بين الفن والعلم في مجال الكتابة التاريخية (ص ٤٨) .

ولكن التجربة العملية في النصف الثاني من القرن العشرين أثبتت أن التطبيق والممارسة قد لا تحقق النظرية أو الفرض كما تمثل في العقل . فالذي حدث هو استغلاق كثير من المتخصصين في أبحاثهم بدرجة متزايدة من التحديد والتعمق ، فازدادت التخصصات التاريخية انقساما وتنوعا ، وأصبحت الخبرة التخصصية هي مطمح العلماء . وقد استتبع ذلك زيادة الاحتراف على المصطلحات العلمية والأسلوب العلمي في الاثبات أو مناقشة المشاكل العلمية بدلا من الاهتمام بحسن عرض المادة التاريخية ودقة تنسيقها . وهكذا غلب على الدراسات التاريخية المعاصرة التركيز الضيق أحيانا مع ضيق المجال ثم الاحاطة المطلقة بكل جزئيات المعلومات المتعلقة بنقطة البحث ، وأصبحت قراءتها في كثير من الأحيان مستحيلة على غير المتخصص . وهذه سلبية يأخذها الخصوم على الكتابة التاريخية المعاصرة (ص ٤٨ - ٥٠) . ولكن إيجابيات التخصص الأكاديمي كانت باهرة في قيمتها ونتائجها بالنسبة للتاريخ كما كانت للعلوم الأخرى . فلا بد أن نسلم بأن الحركة التاريخية المعاصرة في مستوياتها الراقية تتميز أكثر من أي تجربة سابقة في دقة التحليل النقدي للمصادر وحدة البصيرة في تقدير قيمتها ، مع تجرد في النظر وحيدة التفكير . فلم يحدث قبل الآن أن خضع البحث التاريخي لمبدأي الدقة المطلقة والصدق المطلق كما هو حادث اليوم .

ورغم هذه الانجازات العظيمة التي حققها التخصص الأكاديمي ، فإنه لم يخط الخطوة الحاسمة نحو إقامة البناء الكامل الجديد ، واستمر العمل في تراكم أحجار البناء . ويبدو أن مؤرخي الجيل الحالي قد نزعوا عنهم ذلك الأمل ، فإن خط سير البحث العلمي يكاد يوقن أنه أقرب الى الوهم . فهم يقفون مشفقين من شدّة تعقد الماضي ومن التنوع المذهل لما مرّ بالتجربة البشرية على الارض ، لذلك أصيبوا بنوع من اليأس من إمكان أن يصوغوا نسقا منظما من تلك الفوضى . وما من شك أن هذا الموقف السلبي قد اعتبر نقطة ضعف في الحركة التاريخية المعاصرة ومن بين عناصر الأزمة ، في حين أن علماء المؤرخين لا يترددون في أن يتشبهوا بعلماء الطبيعة والفلك والكيمياء ، وألزموا أنفسهم بضرورة الاعتراف بمبدأ التجزئة العلمية لعالمهم (٥١ - ٥٣) .

الفصلان الثالث والرابع يتناولان بعض الجوانب الاجتماعية في شخصية المؤرخ والتزاماته ، ويتضح ذلك من عنوانيهما . « من آل اليه عمل المؤرخ » (Becoming a Historian) و « دراسة التاريخ وسيلة للحياة » History as a Way of Life ولعل الفصل الثالث هو من فصول الكتاب الرئيسية التي تعكس نظرة هيجرو لحركة التاريخ الجديد . فهو يتناول ظاهرة التغير الاجتماعي لفئة المشتغلين بالتاريخ ، ويلاحظ التغير الواضح في الطبقة التي كان ينتمي اليها المؤرخون حتى نهاية القرن التاسع عشر وطبقة الكثرة الغالبة من مؤرخي القرن العشرين . وإن ما يذكره عن المؤرخين السابقين في الغرب من أمثال هيرودوت وبروكوبيوس

وجيبون ورانكة وحتى لوبني ، يصدق أيضا على مؤرخي الاسلام مثل البلاذري والطبري وابن الأثير وابن خلدون والمقريزي ، فجميعهم بصفة عامة ينتمون الى مجتمع النخبة أو كانوا يعملون في ديوان الحاكم . وعلى النقيض من ذلك نجد جيل المؤرخين الجدد ينتمون الى الطبقة المتوسطة الأميل الى الفقر بصفة عامة . وبعبارة أخرى تغيرت القاعدة الاجتماعية لدراسة التاريخ . ويحرص هيمرو على تأكيد هذه الظاهرة وأبعادها ، فهو يستشهد باحصاءات اجتماعية مستمدة من الجامعات الامريكية ، ويستنتج أن عمل المؤرخ أصبح يحقق دخلا ومكانة اجتماعية لصاحبه الجديد ، على خلاف الوضع في الماضي حين لم يهدف قدامى المؤرخين الى شيء من هذا . ثم هو يستدرك بأن هذا التغير لا يعني أن جيل المؤرخين الجدد أقل تفانيا في العلم ، ولكنه يعود فيؤكد اعتقاده بأن ما جذبهم الى التعليم الجامعي كسبيل للعمل ليس العائد الفكرى ولكن العائد الاجتماعي (من ٧٦ ـ ٨٦) .

ثم تتضح النظرة المحافظة لمؤلفنا حين ينتقل من هذا التحليل لتغير الوسط الاجتماعي الى تغير النظرة للتاريخ . فمع تغير النظرة للدراسات الانسانية عامة ، تغير وضع التاريخ أيضا ، واحتل في رأيه مكانة هامشية فيما بين العلوم الاجتماعية والانسانية . ويستنتج من ذلك وكأن التاريخ قد فقد وعيه الطبيعي ، لأنه ليس علما تطبيقيا مثل سائر العلوم الاجتماعية . فالتاريخ عاجز عن أن ينفعنا أو يجعلنا أكثر حكمة ، وكل ما يستطيعه التاريخ هو أن يكون شاهدا على الماضي (١٠٣) . وأخيرا ينتهي الى رفض الاتجاه الجديد بقوله « ان المشكلة تكمن في أن المؤرخين ليسوا علماء اجتماعيين ، وليس في ذلك غرابة ، فلأمد بعيد كانت جذوره ثابتة في الانسانيات ، ولعله ما زال كذلك » . (١٠٦) .

ورغم طرافة المعلومات والملاحظات التي يوردها هيمرو ، فان نظرته في ريب أو سخرية أحيانا الى حقيقة التحول في مفهوم دراسة التاريخ وتفسيره في ظل تغير القاعدة الاجتماعية للمشتغلين بالتاريخ ، يعكس موقفا محافظا متصلبا . فهو يقرن بين اعتبار التاريخ دراسة إنسانية وبين طبقة قدامى المؤرخين ، ويجعل المفهوم الاجتماعي للتاريخ مقترنا بتغير هذه الطبقة في جيل المؤرخين الجدد . وفي الواقع إن هذه النظرة تهمل ما أصاب الدراسات الانسانية بما في ذلك الفنون الرفيعة من تحول ثوري شامل فالتاريخ لا ينفرد بالمفهوم الاجتماعي الجديد ، وانما هو جزء من حركة متكاملة تتمثل في الانسانيات عامة . وخطأ ثانٍ ينزلق اليه هيمرو حيث يتهم المؤرخين الجدد بأنهم ليسوا علماء اجتماعيين ، ولا يوجد بين رواد التاريخ الجديد من يدعي أنه يهدف أو يقصد الى تكوين علماء اجتماعيين ، فهدفهم ومقصدهم ـ كما سيتضح فيما بعد ـ هو إخضاع المعرفة التاريخية لمنهج من التحليل جديد لتعطي صورة أصح وأقرب الى الواقع من الصورة التي قدمتها كتابة التاريخ في الماضي .

أما الفصل الرابع الذي يتناول عمل أستاذ التاريخ في الجامعة ، فلا يتوقف عنده كثيرا لتركيزه على نمط العمل والحياة في الجامعات الامريكية بصفة خاصة . ولعل النقطة الرئيسية ذات الاهتمام العام في هذا الفصل تعدد التزامات الاستاذ ـ وليس المؤرخ وحده في الواقع ـ بين التدريس والأعباء الادارية والبحث العلمي . ويلاحظ المؤلف ـ وهو على حق ـ أنه بسبب مشقة البحث العلمي وحاجته الى درجة عالية من التفرغ والجهد والتركيز ، يقصر كثيرون جهودهم على

القيام بواجباتهم التعليمية ، أو الانصراف الى الاعمال الادارية التي تحقق لهم سلطة ومكانة مرموقة في هيكل الحياة الجامعية .

●●●

نصل بعد ذلك الى الفصلين الأخيرين من الكتاب وهما الفصل الخامس بعنوان «التاريخ الجديد والقديم» ، والفصل السادس بعنوان «ما فائدة التاريخ» . أولهما أكثر أهمية من غير شك ، وفيه يبدأ المؤلف بإشارة سريعة لكتابة التاريخ في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر . ومن الطريف أن هيمرو في هذا العرض السريع لا يحرص على التعريف أو إظهار التحول الذي حدث في هذين القرنين في كتابة التاريخ ، بقدر ما يحرص على إظهار أن بعض أفكار مدرسة التاريخ الجديد ، ليست جديدة حقا وقد سبق أن أثارها كتاب منذ القرن الثامن عشر . ويستشهد بالمؤرخ الالماني جاترر (Gatterer) الذي دعا في عام ١٧٦٧ الى نظرة جديدة للتاريخ قائلا : «ماذا يبقى لكاتب التاريخ السياسي ، اذا لم يذكر شيئا عن الأحوال الدينية أو الموقف العام أو الظروف الطبيعية أو محاصيل البلاد ، أو لم يقدم تقديره لامكانيات الشعوب ومهاراتها الصناعية والتجارية ، وأخيرا اذا لم يذكر شيئا عن فنونهم وعلومهم ؟»[٣٢] وقد كان جديرا بمؤلفنا أن يشير الى أن هذه الانطلاقة في التفكير التاريخي تردد أصداء الكتابة التاريخية الثائرة في كل من فرنسا وانجلترا في القرن الثامن عشر ، التي كان من روادها وأعلامها منتسكيو وادوارد جيبون . وقد عبر عن هذه الحقيقة كاتب الماني آخر بعد ذلك بجيل واحد وهو شلوتزر في عام ١٨٠٤ بقوله : «لم يعد التاريخ مجرد سير الملوك ، وترتيب زمني محكم لتعاقب الدول والحروب والمعارك ، ووصف الثورات والاحلاف . هكذا كان أسلوب معظم المؤلفين في الأيام الخوالي في العصور الوسطى ، ونحن الألمان كنا لا نزال نكتب بهذا الاسلوب اللعين منذ نصف قرن مضى ، قبل أن يوقظنا الانجليز والفرنسيون بنماذج أرقى من كتاباتهم .»[٣٣]

أما القرن التاسع عشر فيجمله المؤلف في أن أعلامه من أمثال رانكة وماكولي وميشليه وممسن كانوا على علم كامل بتعقد وتعدد جوانب التجربة الانسانية الجماعية ، ولكنهم بصفة عامة أقاموا دراساتهم على أساس التركيز على أصحاب السلطان أو أهل الحل والربط كما نقول ، ومع ذلك فبين الحين والآخر ، ومن وراء الملامح التي يرسمونها لطبقة النخبة وأولي الأمر قد تبدو الجماهير العريضة في خطوط معتمة : أعمالهم وآمالهم ومشاعرهم وثوراتهم . فقد كان من الواضح الجلي لمعظم المؤرخين أن شارل الخامس ملك اسبانيا ولويس الرابع عشر ملك فرنسا أعمق أثرا في مجرى التاريخ من القرويين الاسبان أو الحرفيين الفرنسيين اللذين عاشوا تحت حكم كل منهما . وهذه هي نقطة الخلاف الرئيسية بين التاريخ الجديد بعد ١٩٤٥ والتاريخ القديم . وقبل أن يمضي هيمرو في تحليل المواقف ، يتوقف ليكرر رأيه بأن التاريخ الجديد يعكس تفسير الوضع الاجتماعي والنظرة السياسية للباحث الجديد . فالباحث الجديد يرى أن القرويين الاسبان في القرن السادس عشر والحرفيين الفرنسيين

---

(٣٢) — Johann Christoph Gatterer, "Von Historischen Plan und der Darauf sich grundenden Zusammen-fungen der Erzahlungen", Allgemeine Historische Bibliothek von Mitgliedern des Koniglischen Institute der Historischen Wissenschaften Ju Gottingen, I (1767) 24-25.

(٣٣) — August Ludwig Von Schlotzer, Theorie der Statistik. Nebst ideen uber das stadium der Politik oberhaupt (Gottingen, 1804), 92.

في القرن السابع عشر في حقيقة الأمر أكثر دلالة على العصر من شارل الخامس أو لويس الرابع عشر وبعبارة أخرى أصبحت الأضواء تسلط على أهل الريف وجمهور المدن بدلا من الملوك والقواد . ويمثل هذه النظرة الجديدة واحد من رواد مدرسة الحوليات (Annales) في فرنسا وهو لادوري في كتابه المشهور « ساحة المؤرخ »[٢٤] وفي بريطانيا يصف هوبز بوم النظرة الاجتماعية للتاريخ بهذه العبارة : « لقد تجنب البحث التاريخي في الماضي مثل هذه الموضوعات باعتبارها لا تمثل النظام الحاكم ، ولا تمت الى دوائر السلطة والسيادة ، والآن يتجه اليها البحث التاريخي لهذا السبب ذاته . فهذه الموضوعات أصبحت وسيلتنا للكشف عن مساوىء الماضي وأخطائه ، ووسيلتنا أيضا لامكانية تجنبها في المستقبل ، وكذلك أصبحت وسيلتنا لاستعادة البناء الاجتماعي . »[٢٥]

واذا كان بعض الباحثين الجدد قد اهتموا بمظاهر التغير في المجتمع ، فهناك باحثون آخرون اتجهوا الى دراسة مظاهر عدم التغير في المجتمع . بمعنى أنهم أخذوا ينظرون الى التقاليد والعادات والميول الشعبية والمواقف العقلية التي لا تتغير مع الزمن الا ببطء شديد ، وهي التي تمنح المجتمع الاستقرار والاستمرار . ونشط في هذا المجال مؤرخون فرنسيون على وجه الخصوص ، دعوا العلماء الى الغوص تحت سطح الأحداث وظاهرها ، للعثور على طبقة سفلى من الحقائق الثابتة تحت مد الأحداث وجزرها العابر . وأكدوا أهمية « الأمد الطويل » (La Longue duree) وهو ما يتمثل في حقب لا تقاس بالسنين أو عشراتها ، ولكن بمئاتها وآلافها ، حيث يلتقي ويتداخل الماضي والحاضر والمستقبل . وهم يميزون تمييزا حادا بين البنية (Structure) والحادثة أو الموقف (Conjuncture) أي بين تلك المقوّمات في المجتمع التي تستمر تقاوم التغير ، والحادثات العفوية التي قد تبدو خطيرة ساعة وقوعها ، ولكنها سوف تتضح فيما بعد مجرد تموجات على صفحة المحيط الفسيح . وهم يتحدثون أيضا عن « العقلية » في التاريخ (Le Mentalite) وهي مجموع المشاعر والمواقف المشتركة في الجماعة ، التي تفسر ردود فعل الجماهير للتجربة المشتركة . ولذلك حذروا من الانشغال « بالحادثة » أو « بالمواقف » أو ما يقع صدفة مما يحوّل اهتمام الباحث عن القوى الكامنة تحت السطح ، التي تحدد مصير الانسان « ان تاريخا يتناول هذه القوى جدير وحده بأن يسمى تاريخا » ، كما يقول أحد روادها جاك لوجوف (Jacques Le Goff)[٢٦]

وقبل أن نعرض لموقف هيمرو من هذه المفاهيم التي تمارسها مدرسة التاريخ الجديد ، يجدر بنا أن نستكمل الصورة بذكر أهم ما تتميز به الاتجاهات التاريخية المستحدثة من مناهج وأساليب البحث . وقد يتضح من الاصطلاحات التي سبق الاشارة اليها أنها مستمدة من العلوم الاجتماعية ، الانثروبولوجيا أو الديموغرافية أو الاقتصاد وعلم النفس . ولعل أهم ما تتميز به حركة التاريخ الجديد في واقع الأمر هو مناهجها وأساليبها التطبيقية . فليست العبرة في الدراسات العلمية بالأفكار ولكن بالتطبيق والممارسة ، واذا صح هذا القول على العلوم الطبيعية ، فقد أمكن تحقيقه في

(٢٤) — E. Le Roy Ladurie, Le Territoire de L'Historien (Paris, 1973), English Translation: The Territory of the Historian (Chicago, 1979), 223.

(٢٥) — E.J. Hobsbawm, "From Social History to the History of Society", Daedalus 100 (1971) 33.

(٢٦) — Jacques Le Goff, "Is Politics Still the Backbone of History", Daedalus, 100 (1971) 4.

دراسة التاريخ بفضل حركة التاريخ الجديد . فالأفكار الاجتماعية والاقتصادية وكذلك النفسية قديمة ومعروفة في كثير من الكتابات التاريخية من قبل ، ولكن الجديد هو ممارستها وتطبيقها بمنهجية علمية صارمة ، ارتقت بها أحيانا الى مستوى الدقة الرياضية . من أجل تحقيق ذلك استخدم المؤرخون الجدد مناهج مستمدة من العلوم الاجتماعية ، مثل المنهج الكمي أو الاحصاء ، والتحليل الاجتماعي ، ومنهج التحليل النفسي . والهدف من تطوير المنهج التاريخي على هذا النحو هو الحصول على معلومات أكثر دقة وأكثر علمية ، وأول خطوة في هذا الاتجاه كانت زيادة الاعتماد على المنهج الكمي (quantification) الذي يقوم على الأرقام والاحصاءات قدر المستطاع . وقد سبق أن دعا الى استخدام الاحصاء مؤرخ ألماني في مطلع القرن التاسع عشر ، شلوتزر ، ودعا «المؤرخ أن يكون احصائيا ، ... فالتاريخ هو الكل والاحصاء جزء منه»[٢٧] ومن قبله ابن خرداذبه من كتاب القرن الثالث الهجري في الاسلام (القرن التاسع ميلادي) استخدم الاحصاء بايراد قوائم الخراج .[٢٨] وغير هؤلاء كثير ، ولكن الجديد في النصف الثاني من القرن العشرين هو أن المؤرخ أصبح أكثر استخداما للأرقام ، والأهم من هذا أنه أصبح أكثر قدرة على نقدها وتحليلها في ضوء كم ضخم منها استطاع استخلاصه من وثائقه ومصادره . ومع تقدم هذا الأسلوب وتعقده أصبح استخدام الكمبيوتر لازمة لهذا المؤرخ الاحصائي الجديد ، كما أشار دافيد هيرلهي في دراسة عن المؤرخ في الثمانينات .[٢٩]

أما منهج التحليل الاجتماعي ، وهو من أكثر الأساليب الحديثة انتشاراً في التاريخ ، فسوف أكتفي هنا بمثال واحد لم يذكره هيمرو ، وهو كتاب للمؤرخ الفرنسي لادوري ، أصبح الآن يتخذ نموذجا لتطبيق منهج دراسة الديموغرافية في التاريخ . والكتاب دراسة لقرية في جنوب فرنسا تسمى مونتايو (Montaillou) في الفترة ١٢٩٤ ـ ١٣٢٤ حين حامت الشبهات حول انتماء سكانها لهرطقة جماعة دينية عرفوا بالأطهار (L' Heresie cathare) بسبب انحرافهم عن مذهب الكنيسة الكاثوليكية الرسمي . فتكفل الرئيس الديني للاقليم باجراءات محكمة التفتيش ، ونظرا لدقته المتناهية في اثبات جميع أقوال أهل القرية ، فقد تخلفت عن هذه المحاكمات ثلاثة مجلدات ضخمة باللغة اللاتينية ، تم نشرها حديثا ١٩٦٥ .[٣٠] ثم توفر لادوري على دراستها ديموغرافيا . وهو يقدم لهذه الدراسة الممتعة ، شارحا فكره ومنهجه بهذه الكلمات : «ان كل من يريد أن يتعرف على الفلاح في العصور الماضية أو الموغلة في القدم ، يمكنه التعرف عليه في بعض المؤلفات التاريخية الكبرى ... أقصد أعمال جوبير ، وبواتربنو ، وفوركان ، وفوسيه ، ودوبي ، وبلوك ... ولكن أمرا واحدا قد لا يجده فيها أحيانا ، وهو النظرة المباشرة ، الشاهد المباشر بغير وسيط ، الذي يقدمه الفلاح عن نفسه ... من أجل هذا كانت المحاكمات ضد «هرطقة الأطهار» هامة حقا لموضوعات الحياة المادية والاجتماعية والعائلية وثقافة أهل الريف . فنحن نجد في هذه المجموعة من النصوص جرعة من التفصيلات بالغة الدقة من

---

(٢٧) — A.L.V. Schlozer, Theorie der Statistik (1804) 92-3

(٢٨) — كتاب المسالك والممالك ، تأليف عبيد الله بن عبدالله بن خرداذبة ابوالقاسم (ليدن ١٨٨٩).

(٢٩) — David Hirlehy "Quantification in the 1980's: Numerical and Formal Analysis in European History," **Journal of Interdisciplinary History**, 12 (1981-2) 135.

(٣٠) — Jacques Fournier, Le Registre de L'Inquisition de Jacques Fournier, eveque de Pamiers (1318-1325) manuscript Latin no. 4030 de La Bibliotheque Vaticane, Edite par Jean Duvernoy, 3 vols, (Toulouse 1965).

الحياة ، تبحث عنها أحيانا بغير طائل في اللوائح والسجلات المدنية .»(٣١) الجدير بالملاحظة في عبارة لادوري هذه أن جميع المؤرخين الذين ذكرهم هم من المهتمين بالتاريخ الاجتماعي والريفي لفرنسا في العصور الوسطى والحديثة ،(٣٢) ومعظمهم من كبار الأساتذة المعاصرين ، ومع ذلك فهو حريص على أن يميز بين طريقتهم في الكتابة وبين منهجه الذي يتمسك فيه « بالنظرة المباشرة ، بالشاهد المباشر دون الوسيط » فما من شك أن حجر الزاوية في المنهج المعاصر هو موقف الباحث من الوثيقة ، وطريقة تعامله معها . ولعل عبارة « الشاهد المباشر » ومدلولها - على بساطتها أيضا - تمثل أهم اضافة الى المنهج التاريخي منذ أن رفع رانكة منذ قرن ونصف شعار أن هدف المؤرخ هو أن يعرف « حقيقة ما حدث فعلا » ، ومن ثم كان ينادي بتجاوز كتابات المؤرخين الى قراءة الوثائق المعاصرة . وليس غريبا أن تضاعف اهتمام المؤرخين الجدد بالوثائق ، وأصبحت وسيلتهم الأولى للكشف عن معرفة وتفسير الماضي في ظل أساليبهم العلمية المستحدثة . ويتحدث المؤرخ الانجليزي ستيوارت هيوز عن هذا الموقف من الوثيقة في حماس واضح حين يقول « لا يتوقف عمل المؤرخ عند مجرد التيقن والتثبت من محتوى الوثائق ، على العكس إن عمله يبدأ عندئذ . فمشكلات التفسير المثيرة حقا - وربما جميعها - ما تزال أمامنا في المستقبل ، فكثيرون منا ، ممن هم أقل حنكة ودربة لا يكادون يستبينون مجرد وجودها .»(٣٣)

الى جانب منهج الاقتصاد والاجتماع التاريخي ، ظهرت مجموعة من المؤرخين النفسيين (Psychohistorians) الذين يدعون أن مناهج علم النفس والطب النفسي يمكن تطبيقها على المعلومات التاريخية للوصول الى فهم أعمق لسلوك الأفراد والجماعات . ونظرا لأن هذه المناهج تعتمد على ادراك جوانب الحياة الشخصية والسلوكية الخاصة بالنسبة للمرضى المصابين باضطراب نفسي او عقلي ، أخذ المؤرخون النفسيون في البحث عن المعلومات أو أدلة في السلوك الشخصي للحياة الخاصة للاجيال الماضية ، وهي أدلة ومعلومات لم يحفل بها المؤرخون التقليديون من قبل لأنها شديدة التناقض أو الغموض بحيث لم تثبت امام مناهج ومقاييس النقد التاريخي . وقد كانت بدايات التاريخ النفسي على أسس من العلم في النصف الأول من القرن العشرين ، ولكنها لم تحدث أثرا ملحوظا في الدراسات التاريخية الجادة .(٣٤) ومع اصرار عدد من العلماء النفسيين في النصف الثاني من القرن العشرين على أخضاع المعرفة التاريخية للدراسة النفسية ، حدث تقارب محدود بينهما في مجالين رئيسيين الاول هو دراسة المواقف والعقائد الجماعية والتي يجملها مصطلح « العقلية » (Mentalite) مما يهتم به أيضا أصحاب النظرة الانثروبولوجية للتاريخ . ومن أمثلة دراساتهم « تغير الموقف من الموت في المجتمع الغربي

(٣١) — E. Le Roy Ladurie, Montaillou, Village Occitant de 1294a 1324 (Gallimard 1982) 9-11A.

(٣٢) — P. Gourbert, Beauvais et le Beauvaisis, de 1600a 1730 (Paris 1960); A. Poitrineau, La Vie rurale en basse Auvergne au XVIIIe siecle (Paris 1965); G. Fourquin, Historie economique de l'Occident Medieval (Paris 1969), Le Paysan d'Occident au Moyen Age (Paris 1972); Seigneurie et feodalite au Moyen Age (Paris 1970); R. Fossier, La Terre et les Hommes en Picardie Jusque' a la fin du XIIIe siecle (Paris-Louvain 1968); Histoire sociale de l'Occident medieval (Paris 1970); G. Duby, Hommes et Structure du Moyen Age (Paris-La Haye 1973); M. Bloch, La Societe Feodale (Paris 1939-1940); Caracteres Originaux de L'histoire rurale francaise (Paris 1952).

(٣٣) H.S. Hughes, **History as Art and as Science** (1964) 3-4, 20.

(٣٤) Cf. Hamerow, pp. 188-198.

مثل العصور الوسطى.[٣٥] أما المجال الثاني فهو دراسة سير الأعلام، ومن أهم الأعمال في هذا المجال دراسة اركسون لشخصية مارتن لوثر المصلح الديني الالماني المشهور في القرن السادس عشر.[٣٦] ورغم هذه الجهود وأمثالها، ورغم جاذبية النظريات التي يتقدم بها التحليليون النفسيون، لايزال التحليل النفسي أضعف الدراسات التاريخية الجديدة. ولعل تخلف التاريخ النفسي راجع إلى مطعنين خطيرين يتعلقان بطبيعته. الأول هو ان العنصر الرئيسي الذي يقوم عليه منهج التحليل النفسي غير متوفر للمؤرخ النفسي. فالمريض غير موجود ليجيب عن أسئلته.[٣٧] والمطعن الثاني يعتمد على نظريات التحليل والطب النفسي ويتم تطبيقها تاريخيا بأسلوب الفرض والنتيجة في حين أن المنهج التاريخي في أبسط عناصره يقوم على الدليل والتفسير المباشر، فهو منهج يفر بالضرورة من أسلوب النظرية والفرض. لعل هذين المأخذين هما سبب استمرار ضعف التاريخ النفسي وعدم قدرته على أن يصبح أكثر قبولا أو اقناعا لدى سائر المؤرخين.

لعل من المناسب بعد عرضنا لأهم مواقف ومناهج حركة التاريخ الجديد، ان نعرض أيضا لموقف هيمور منها. ولقد تجنبنا ذلك بالنسبة للنقاط المختلفة حرصا منا على وضوح الصورة وكمالها، والسبب في ذلك هو الاسلوب الذي اتبعه مؤلفنا. فهو لا يتصدى صراحة لمناقشة الموضوعات ونقد المنهج أو النتائج التي انتهت اليها دراسات المؤرخين الجدد. ولكنه يجنح الى التشكيك وترديد مآخذ عامة. القراءة الكاملة للكتاب تكشف انه ينتمي الى تيار المؤرخين الرافضين للتاريخ الجديد. فهو من المؤمنين بأن دراسة التاريخ لازالت في معترك أزمة لانجاة منها، واذا ماكتب أحد المؤرخين الجدد أن الوصول الى المعرفة الكاملة للتجربة الانسانية الماضية أمر غير ممكن، اعتبر ذلك بمثابة إعلان بفشل الحركة (١٧١ ـ ١٧٢) وقد سبق أن ذكرنا أنه يغمز المؤرخين الجدد من حيث انتماؤهم الطبقي وان هذا الانتماء الطبقي يؤثر في نظرتهم السياسية ويتدخل في نظرتهم التاريخية (١٦٢ ـ ١٦٤)، بمعنى انه يشكك صراحة في موضوعيتهم العلمية. ثم هو غير راض عن الطريقة التي أصبح التاريخ يكتب بها، من حيث صعوبة الجمع بين الاسلوب الادبي واسلوب البحث العلمي الجاف.[٣٨] وتمتد الفاظه أحيانا فيصف أسلوب بعض المؤرخين الجدد ولغتهم بأنها نوع من التصنع او الاحتيال المهني، وانها غير مفهومة. ويتحول من مهاجمة اللغة الى مهاجمة المنهج بقوله « هناك اختلاف أساسي بين التاريخ الذي يؤكد على الفردية وعدم التكرار، وبين العلم الذي يسعى وراء الانتظام والتكرار. وهو يشبه « عالم الاجتماع المؤرخ » بأمين متحف للفن القديم الذي يحاول أن يعيد تشكيل لوحه من الفسيفساء الرومانية من حفنة من جزئياتها المبعثرة. فالنتيجة قد تكون جديرة بالثناء، ولكنها لن تزيد على كونها ترميما من فعل الخيال(١٨٧). وينتهي الى الاقلال من شأن حركة التاريخ الجديد وأنها تبدو الآن في رمتها أقل أصالة وأقل جدة مما بدت أول الأمر (١٩٧)، واكثر من ذلك « ان التمييز بين التاريخ

(٣٥) — W.L. Langer, "Forward", in The Psychoanalytic Interpretation of History, ed. B.B. Wolman (N.Y. — London 1971) viii f.; cf.
Ladurie, "The New History of Death." The Territory of the Historian, p. 273-284.

(٣٦) — E.H. Erikson, Young Man Luther: A study in Psychoanalysis and History (N.Y. 1958)

(٣٧) — Oscar Handlin, Truth in History (Cambridge, Mass. London 1979) 273-4

(٣٨) — E.H. Carr, What is History? 43.

الجديد والقديم يبدو مصطنعا الى حد بعيد (٢٠٣) وفي الفصل الاخير من كتابه عن « فائدة التاريخ » يردد ما سبق أن ذكره في الفصل الاول ، وهو يؤكد رفضه للأسس التي قامت عليها حركة التاريخ الجديد من الموقف العقلي والتوجه الاجتماعي لدراسة التاريخ . وفائدة التاريخ عنده تكمن في أنه « يرضي رغبة عميقة في الانسان لمعرفة جذورنا » ، وأن الهدف من دراسته سوف يظل ما قاله هيرودوت قديما وهو حتى لا يمّحي بفعل الزمن ذكرى الاعمال الجليلة التي قام بها الانسان (٢٤٣) وهي نظرة اكاديمية صرفة للتاريخ ، وتكشف عن ظاهرة لها طرافتها ، وهي أن الفكر التاريخي اليوناني القديم ، ممثلا في هيرودوت ، لازال قادرا على ان يحرك فكر مؤرخ معاصر على مشارف العقد الاخير من القرن العشرين .

بعد هذه المآخذ والانتقادات يسلم هيمرو لحركة التاريخ الجديد بانجاز ايجابي واحد ، وهو العمل على تعميق دراسة التاريخ واتساع آفاقه (١٩٩) . وهي حقيقة لا سبيل لإنكارها أو الجدال بشأنها . ولكنها جزء من حقيقة تخفي حقائق أخرى . ولعل من المناسب هنا أن تقدم تقويما موجزا عن أهمية الدور اللذي قامت به حركة التاريخ الجديد ، « حتى لا يمحى فضل الاعمال الجليلة التي قام بها دعاتها » ـ اذا جاز لنا أن نستعير الفاظ هيرودوت أيضا . لعل من الانصاف أن نقرر أن أهم ايجابياتها تتلخص في نقطتين ، هما :

أولا : أنها مكنت التاريخ من مسايرة ثورة المعرفة المعاصرة والافادة من مناهجها ووسائلها .

ثانيا : انها جعلت التاريخ ضرورة علمية لفهم الحاضر . وهكذا تجاوز التاريخ الازمة التي ألمت به في منتصف القرن العشرين ، حين شعر مؤرخون تقليديون بالعجز عن ايجاد صلة بين عملهم والتطورات الهائلة التي طلع بها النصف الثاني من القرن العشرين . فمنذ الصدمة الاولى للعقول الحساسة شعر بعضهم بانعدام الصلة بين التجربة الماضية للانسان وبين ما هو مقدم عليه . فامكانات العصر الجديد العلمية والتكنولوجية فاقت أطغى تطلعات أرقى العقول لمجموع الاجيال السابقة .

ولكن رواد التاريخ الجديد لم يضعفوا ولم ييأسوا ، وأدركوا ان مظهر انقطاع الصلة بين الماضي والحاضر لا يرجع الى قصور في طبيعة الدراسة التاريخية ، ولكنه يكمن في قصور المنهج التاريخي المستخدم حينئذ ، فكان لابد من تغيير المنهج ، وهذا هو حجر الزاوية في أهمية دور حركة التاريخ الجديد . فمنذ القرن التاسع عشر والاصوات المتتالية تردد الدعوة الى الجوانب الاجتماعية والاقتصادية والحضارية للأمة او المجتمع . ولكن مناهجهم بقيت يغلب عليها الطابع الوصفي أو التصويري لما يحدث في المجتمع مع حرص متصل على الدقة العلمية . وهذا هو مآثار ضده أصحاب التاريخ الجديد ، ألصد اسلوب العرض الوصفي او التصويري مهما بلغ من الدقة العلمية والموضوعية الفكرية . فبتطويع مناهج علوم الاجتماع والانثروبولوجيا والاقتصاد لاسباب دراسة المعرفة التاريخية ، أمكن تطوير منهج البحث التاريخي لمعالجة « قضايا » و « مشاكل » التاريخ بوسائل العلم الحديث ، وليس مجرد الوقوف عند تناول أو عرض الموضوعات بدقة علمية .

هذا التحول في منهج البحث التاريخي أفاد الدراسة التاريخية الجادة ، وبعث فيها حيوية كادت تختنق عند مفترق الأزمة ، وجعلها قادرة علميا على الاسهام في فهم الحاضر . فاذا كان عالم الاجتماع أو الاقتصاد هو أقدر الناس على دراسة وتحليل مشكلة قائمة مثل البطالة أو الكساد أو الانحرافات الاجتماعية ومعرفة مظاهرها وتقديم الرأي بشأنها ، فقد يصبح للمؤرخ

دور آخر يكاد ينفرد به ويفرضه على المجتمع ، وهو أن الظاهرة الاجتماعية أو الاقتصادية الحالية ، اذا مابقيت معزولة عن جذورها ، منبتة الصلة بأصولها ، تبقى نصف مفهومة على أحسن الاحوال ولعل هذا هو مكمن الضعف في بعض الدراسات الاجتماعية والاقتصادية للقضايا الكبرى . وقد أدرك كثيرون أن الظواهر الآنية هي نتاج ماض يختلف طولا وقصرا حسب اختلاف الأحوال ، وان التحول وراء الظاهرة **يرجع الى عوامل غربية تكمن في بناء النظم القائمة أو** بنية المجتمع ، وتضرب بجذورها في الماضي . وعدم معرفة هذه العوامل الصميمة هو سبب عدم فهم بعض الظواهر الحادثة الآن فهما كاملا . ومن ثم كان إصرار أصحاب التاريخ الجديد على دراسة الحركة الممتدة في التاريخ (Process) دون التركيز على الحوادث events أو Conjontures في الاصطلاح الفرنسي) ، وهو أمر كاد ييأس منه بعض المؤرخين التقليديين ، ولايزال هيرور يعاني من هذا اليأس .

هذا الموقف الجديد بمنهجه الجديد ، كان لابد من اثباته وتأكيد جدواه بالممارسة التاريخية ، وهذا هو ما حدث في الاربعين عاما الماضية ، حين اندفع مئات من شباب المؤرخين في تطبيق النظرة الجديدة على دراسة الماضي في كل عصوره . وكانت جهود العلماء السابقين طيلة مائة وخمسين عاما مضت في تجميع وتحقيق ونشر ملايين الوثائق والكتابات والمخطوطات من كل موقع على سطح الارض ، من امكانات وسائل المعرفة الجديدة ، مادة غنية وربما كافية أحيانا ، مكنت هؤلاء المؤرخين من دراسة مشاكل المجتمعات السابقة وقضايا اقتصادها وماليتها ، أو مظاهر الاستمرار والتغير في كل مرحلة وكان اهم نتائج هذه الحركة أن تغيرت صورة الماضي عما كانت عليه منذ خمسين سنة فقط . ولعل أهم مظهر لهذا التغير ، ليس الجانب الاقتصادي أو الاجتماعي كما قد يتبادر الى ذهن البعض ، ولكن الاهتمام كل الاهتمام بالجزئيات . فلم تعد هناك في المنهج الجديد جزئية او واقعة عملية تقل قيمة عن الاجراءات والاحداث الكبرى . وهكذا اختفت من التاريخ ظاهرة « المعالم » الكبرى التي تزخر بها كتب التاريخ التقليدية . كما اختفت من التاريخ الجديد أو كادت ظاهرة « تمجيد الماضي أو تقديسه » ، وأصبح الماضي كله يوضع موضع التشريح العملي لمعرفة عناصره ومقوماته ومكوناته ودوافعه والقوى التي تحركه أو تعوق حركته والنتائج التي تمخض عنها . وطبق هذا المنهج على جميع العصور دون تمييز لعصر على آخر ، الا بقدر ما يقدم من مادة تاريخية أوفر تعين الباحث على جلاء غوامضه ومعرفة حقائقه . وهكذا تغير مدى الرؤية التاريخية واختلفت الصورة كل الاختلاف . وما أشبهها بمن ينظر الى القبة السماوية بالعين المجردة ثم ينظر اليها بمنظار إلكتروني ، وشتان بين الرؤيتين . فما من شك أننا الآن نرى الماضي بدرجة أكثر وضوحا من أي عصر مضى .

لعل هذه هي أهم نتائج التاريخ الجديد الايجابية ، أما نتائجه السلبية فيؤخذ عليه سلبيتان يتكرر ترديدهما . الاولى امعانه في التخصص والاسلوب العلمي ، ففقد كثيرا من الجاذبية الأدبية التي كانت للتاريخ من قبل . ولذلك فقدت الدراسات الجديدة كثيرا من جمهور القراء التقليديين ، لان المؤرخين بنسبة متزايدة أصبحوا يكتبون للمتخصصين ، شأنهم في ذلك شأن كثير من زملائهم في العلوم الأخرى . أما السلبية الثانية فهي اختفاء فكرة التاريخ العام ، فرغم أهميتها وجاذبيتها أصبحت في ظل المنهج الجديد بعيدة المنال ، وربما بدت في نظر معظم المؤرخين مستحيلة . ومع ذلك فهناك من يشك أن هاتين النتيجتين تدخلان في عداد السلبيات ، وأنهما مظهر من مظاهر الإرتقاء

العلمي الذي حققته الدراسات التاريخية في النصف الثاني من القرن العشرين .

●●●

اخيرا ننتهي الى كلمة لابد منها عن دراسة التاريخ في العالم العربي ، أو أين نحن من مدرسة التاريخ الجديد المعاصرة . ولابد أن نقرر منذ البداية أن البون شاسع والمواقف مختلفة كل الاختلاف . فدون أن نتطرق الى جزئيات أو مفردات الكتابات التاريخية العربية المعاصرة ، يمكن تقسيم المشتغلين بالتاريخ العرب الى فريقين رئيسيين : الفريق الاول وهم الكثرة الغالبة ، الذين لايزالون يشعرون بالارتباط العاطفي بالماضي ، سواء أكان هذا الارتباط العاطفي دينيا أم سياسيا أم اجتماعيا أم حتى أخلاقيا ، ولذلك تتأثر كتاباتهم أو تصورهم للماضي الذي يدرسونه بهذه العاطفة . وعدد منهم من غير شك على أكبر قدر من العلم والإحاطة ، ولكنه عند الكتابة يستخدم علمه ومادته لاظهار محاسن ذلك الماضي أو مساوئه ، فهم اما مدافع أو مهاجم مهما بلغ من المهارة والذكاء . ومنهجهم عادة في أرقى درجاته الاستشهاد النصي بالمصادر ، ويظنون أنهم بذلك قد ارضوا قواعد المنهج العلمي . اما الفريق الثاني ، وهم الاقل عددا والنضج عاطفة وأقوى منهجا ، فهم يمارسون عادة منهج التحليل النقدي للمصادر ، وهم لذلك يحققون منزلة أرقى من الموضوعية الفكرية . ومما من شك أن ازدياد الاهتمام بتجميع الوثائق العربية ودراستها ونشرها يزيد هذا الفريق قوة ويدعم منهجه العلمي . ورغم اهتمام عدد من أعضاء هذا الفريق بالجوانب الاجتماعية والاقتصادية ، الا أن أسلوبهم في التناول لازال يغلب عليه طابع عرض ووصف هذه الجوانب في المجتمع ، ولازال بعيدا عن أسلوب معالجة المشاكل والقضايا بمنهج الدليل المباشر بغير وسيط ، حسب تعبير لادوري . كما أن المنهج الكمي والتوجه الاجتماعي من حيث الموقف العقلي لايزالان غير متوفرين في كثير من دراساتنا التاريخية .

واخيرا أذكر ظاهرتين تعوقان نمو دراسة التاريخ في العالم العربي على أسس علمية سليمة . الأولى هي اهمال تعلم اللغات التخصصية التي كتبت بها الكتابات التاريخية الأصلية في العصور المختلفة . فهذا العجز اللغوي يشل عقل الباحث ويحجب عنه المعرفة التاريخية كلية . وأضرب على ذلك مثلا ما حدث عند العثور مؤخرا على آلاف اللوحات الكتابية في موقع إبلة بشمال سوريا وترجع الى ما قبل عام ٢٠٠٠ ق.م ، فلم يوجد عربي واحد يستطيع أن يتصدى لقراءتها ، وتركنا قراءتها وتفسيرها للأجانب . ومن الغريب أن هناك من المتعلمين المسئولين من يهون من أمر اللغات التاريخية بدعوى التعصب للتراث فقط . وكلنا يعرف أنه اذا دخل التعصب من الباب خرج العلم من الشباك ، وعلينا أن نختار إما أن نذهب مع التعصب او نحيا بالعلم .

والظاهرة الثانية هي أن عددا من المؤرخين ينجذبون الى بعض المبادىء والنظريات ، فتتأثر كتاباتهم بهذه المبادىء أو تلك النظريات . وقد تكون كتاباتهم أحيانا مثيرة وممتعة عقليا أيضا ، ولكنها ليست تاريخا لأن موضوع التاريخ هو الحياة ذاتها ، ولابد للمؤرخ الحقيقي ان يتعامل مع الحياة والواقع الحي مباشرة ، فالاسلوب العلمي المباشر هو أقصر الطرق واصحها للمعرفة الصحيحة والرؤية السليمة التي يلزم أن نجتهد جميعا في تحقيقها . وان لم نبادر الى هذه الغاية - رغم مشقة الوصول - فسوف تصدق علينا سلبا عبارة أحد المؤرخين المعاصرين وهي « ليس هناك مؤشر اكثر دلالة على شخصية المجتمع من نعيه التاريخ الذي يكتبه او يعجز عن كتابته . »

الفوضى
صناعة علم جديد

تأليف : جانز چليسك
عرض وتحليل : محمد عامر

يتكون الكتاب من استهلال وأحد عشر بابا تقع في نحو عشرين وثلاثمائة من القطع المتوسط . والكتاب مذيل بهوامش في نحو عشرين صفحة ، وكشاف تفصيلي في عشر صفحات . ومؤلف الكتاب محرر بجريدة نيويورك تايمز منذ عام ١٩٧٨ .

والمقصود بـ « الفوضى » هنا « الجانب غير المنتظم للطبيعة » ، على حد تعبير المؤلف . أي الظواهر التي لا تثبت على حال ، كما أنها لا تتغير بطريقة دورية ، بحيث تعود إلى ما كانت عليه كل فترة زمنية محددة . والعلم الجديد الذي يعدنا به المؤلف هو العلم الذي يدرس هذه الظواهر .

ولما كان الكتاب مكتوباً بطريقة تجعل من الممكن أن يعرض بابا بابا ، فان العرض التالي سيأتي على هذا النحو ، لأنه - فيما أرى - يفضل العرض المجمل بأنه يتيح للقارىء فرصة أن يقرر بالنسبة الى كل باب على حدة اذا ما كان من المفيد له أن يقرأه أم لا .

وقد أرجأت التعليقات الى ما بعد انتهاء العرض حتى تكون الصورة قد اكتملت في ذهن القارىء . ولا يوجد لهذا الا استثناء واحد . اذ رأيت من المناسب أن أورد من طيات عرض الباب الرابع تعليقا على بعض ما جاء فيه .

●●●

استهـــــلال :

حينما تبدأ « الفوضى » يتوقف العلم الكلاسيكي . فرغم وفرة الفزيائيين الذين يبحثون في قوانين الطبيعة ، فقد ظللنا الى عهد قريب نعاني جهلاً فادحاً فيما يتعلق بعدم انتظام الطقس ، واضطراب البحر ، وتقلبات الحياة البرية ، وذبذبات القلب والمخ . لقد شكل

الجانب غير المتنظم للطبيعة لغزاً ، أو حتى كابوساً للعلم .

لكن في السبعينات شرعت قلة من العلماء من مختلف التخصصات في أوربا وأمريكا في السعي لأن تجد طريقاً وسط عدم الانتظام . وكانوا جميعاً يبحثون عن علاقات بين مختلف أنواع عدم الانتظام ، فوجد الفسيولوجيون انتظاماً مدهشاً في الفوضى المتطورة في القلب البشري . واستكشف علماء البيئة صعود وهبوط أعداد حشرة العثة الشجرية . وحاول الاقتصاديون أن يحللوا من جديد بيانات سوق المال . وقد قامت النظرة النابعة من هذا مباشرة الى العالم الطبيعي : أشكال السحب ، مسارات البرق ، التفافات الأوعية الدموية الدقيقة ، وتجمعات النجوم في المجرات .

وبعد عقد من الزمن ، صارت « إسماً مختصراً لحركة سريعة النمو تتغلغل في المؤسسة العلمية . وازداد الاهتمام بالفوضى في الجامعات وبين العسكريين ولدى وكالة المخابرات المركزية الأمريكية . وفي لوس ألموس حيث صنعت أول قنبلة ذرية ، أنشىء مركز للدراسات غير الخطية لتنسيق العمل في الفوضى والمشكلات المتعلقة بها . ويرى بعض الفزيائيين أن الفوضى هي علم العمليات لا الحالات ، الصيرورة لا الكينونة .

والفوضى تربط التخصصات المختلفة بعضها بالبعض الآخر ، وتنظر الى المشكلات في كلياتها دون ارجاعها الى مركباتها . ويرى البعض أن الفوضى هي الثورة الثالثة في علم الفيزياء ، بعد النسبية وميكانيكا الكم . واذا كانت النسبية قد استبعدت خيال الزمان والمكان المطلقين ، واستبعدت ميكانيكا الكم حلم عمليات القياس المحكومة فان الفوضى قد استبعدت وهم التنبوء المحدد . غير أن الفوضى ، دونا عن الثورتين السابقتين عليها ، تتعامل مع الظواهر التي نلمسها مباشرة في حياتنا اليومية .

لا يمكن الا لعلم من نوع جديد أن يبدأ عبور الفجوة الكبيرة بين معرفة ما يفعله شيء واحد ـ مثلاً جزيء من الماء ـ وما تفعله ملايين من الشيء نفسه .

تقليدياً ، عندما يرى الفيزيائيون نتائج معقدة ، فانهم يبحثون عن أسباب معقدة . أما دراسة الفوضى الحديثة فقد بدأت في الستينات بملاحظة أنه يمكن لبعض المعادلات الرياضية البسيطة أن تشكل نموذجاً لبعض الظواهر العنيفة مثل مساقط المياه . فالتغير الطفيف في المدخلات قد ينتج عنه تغير ضخم في المخرجات . وهنا ما يعرف باسم تأثير الفراشة ، فحركة جناحي الفراشة اليوم في بكين قد تتطور الى عاصفة في نيويورك في الشهر التالي .

(١) تأثير الفراشة :

يتبنى العلماء الذين يسيرون على نهج « نيوتن » المقولة التالية : إذا كان لدينا معلومات تقريبية عن الشروط الابتدائية للمنظومة ، وفهماً للقوانين الطبيعية ، فإننا نستطيع أن نحسب سلوك المنظومة على وجه التقريب . وتقع هذه المقولة في القلب الفلسفي للعلم .

كلاسيكياً كانت هذه المقولة مبررة ، في الفلك وعلوم الفضاء مثلاً ، وتعتمد التنبؤات الاقتصادية والطقسية على نفس الفرض ، لكن نجاحها أقل وضوحاً .

وفي أوائل الستينات صمم « ادوارد لورنز Edward Lorenz» نموذجاً لدراسة سلوك الطقس من خلال الكمبيوتر . وأعطى الكمبيوتر الأرقام المعبرة عن الشروط الأولية مرتين . الأولى مقربة الى ستة أرقام

عشرية ، والثانية مقربة الى ثلاثة أرقام فقط . وكان يتوقع أن تأتي النتائج متقاربة . لكنه للغرابة لم يجدها كذلك . نحن إذن أمام ظاهرة غير تقليدية ، حيث يمكن أن تؤدي الأخطاء الصغيرة الى نتائج خطيرة . ومن هنا قرر «لورنز» أن التنبوء طويل المدى بالطقس محكوم عليه بالفشل .

ومن المعروف في الميكانيكا الكلاسيكية ، أن المجموعة الديناميكية قد يكون لها بعض نقاط عدم الاستقرار . والمقصود بهذه النقاط تلك التي يمكن أن يؤدي تغير ضئيل فيها الى نتائج كبيرة .

فمثلاً الكرة على قمة الجبل تكون في وضع عدم استقرار . وازاحة صغيرة في أي اتجاه كافية لأن تجعل الكرة تسقط أسفل الجبل . لكن الجديد في المنظومات التي توصف بالفوضى أن جميع النقاط هي نقاط عدم استقرار .

وبالرغم من أن استخدام الكمبيوتر قد حسّن كثيراً من مقدرتنا على التنبوء بالطقس ، فان هذا ينطبق فقط على الفترات القصيرة نسبياً : يومين أو ثلاثة أيام ، وبعد هذا فلن يكون الأمر الا تخميناً لا أكثر . والسبب في هذا هو ما يسمى بتأثير الفراشة : أي أن تسفر تغيرات صغيرة عن نتائج كبيرة . والمصطلح الفني الذي يستخدم هنا هو : حساسية التوقف على الشروط الابتدائية . وهذا ليس مفهوماً جديداً كلية ، كما يمكن أن نتبين من المقطوعة الشعبية التالية :

لنقص مسمار فقدت الحدوة
ولغياب الحدوة فقد الحصان
وبفقدان الحصان فقد الفارس
وبفقدان الفارس خسرت المعركة
وبخسارة المعركة سقطت المملكة !

وعدم القدرة على التنبوء مرتبط بعدم دورية الظاهرة . وهذه وتلك مرتبطتان بعدم امكان وصف المنظومة الديناميكية عن طريق معادلات خطية . فتلك المنظومات التي توصف وصفاً خطياً تصير دورية ، أو تصل الى حالة انتظام . وحتى اذا ما أدخلت عليها بعض الاضطرابات ، فانها تميل الى أن تتناقص حتى تعود المنظومة الى حالتها من الدورية أو الانتظام .

(٢) الثورة :

تولدت عن ثورة جاليليو على أرسطو نظرة مختلفة الى حركة الأجسام . وفي اطار هذه النظرة رأى جاليليو انتظاماً في حركة البندول . فالبندول الذي له طول معين يتذبذب نفس العدد من الذبذبات خلال نفس الفترة الزمنية ، بغض النظر عن سعة الذبذبة . لكن هذا الانتظام غير موجود في الواقع . انه مجرد تقريب . فتغير زاوية الحركية يولد قدراً ضئيلاً من عدم الخطية في المعادلات . وفي حال الذبذبات الصغيرة ، فإن الخطأ لا يكاد يذكر ، لكنه موجود ، ويمكن قياسه حتى بالوسائل البدائية التي كانت متاحة في عصر جاليليو .

وقد احتاج الأمر الى ثورة أخرى ، ثورة الفوضى ، في النصف الثاني من القرن العشرين ، حتى تنظر الى حركة البندول آخذين عدم الخطية في الاعتبار . وفي اطار النظرة الجديدة درست الفوضى منظومات مختلفة :

فديناميكا البندول اتسعت لتشمل تكنولوجيا حديثة مثل الليزر . وقد لوحظ أن بعض المنظومات الكيميائية تبدي سلوكاً يشبه سلوك البندول ، شأنها في هذا شأن ضربات القلب . والاتساع آخذ في التزايد ليشمل الطب العضوي والنفسي ، والتنبوء الاقتصادي ، ومن الجائز أيضاً تطور المجتمعات .

وقد وضع « ستيفن سمال Stephen Smale» من جامعة بيركلي نموذجاً توبولجياً للمنظومات الدينـاميكية التي تتسم بالفوضى . وقد التفت مجموعة من الشباب الرياضيين للعمل في هذا المجال حول « سمال » . ثم استطاع هذا النشاط أن يجلب انظار الفزيائيين . لقد استطاع « سمال » أن يحول فرعاً من فروع الرياضيات المجردة الى عالم الواقع .

ولقد لاقت الفوضى والنظرة المنبثقة عنها نجاحاً عظيماً في تفسير ظاهرة فلكية رصدها العلماء من أكثر من ثلاثة قرون ، ألا وهي ظاهرة البقعة الحمراء الكبيرة التي تظهر على كوكب المشتري . وفي البداية لم تكن هذه الظاهرة من الوضوح بما يستدعي أن يبحث لها عن تفسير . ومع زيادة مقدرات الرصد في القرن الماضي ازداد وضوح الظاهرة ، وبدأت التفسيرات . فمن قائل إنها حمم بركانية ، الى قائل إنها قمر جديد يوشك أن يولد ، الى قائل إنها جسم صلب يسبح في فضاء المشتري ، الى قائل إنها قمة عمود غازي .

وفي عام ١٩٧٨ أرسلت سفينة الفضاء « فويجر » صوراً أكثر وضوحاً ، فبدت البقعة كما لو كانت عاصفة ضخمة . لكن كان من الصعب قبول هذا التفسير لأن العواصف على الأرض لا تستقر لمثل هذه الفترة الطويلة من الزمن . ثم جاء رياضي شاب يدعى « ماركوس Marcus» فوضع في الكمبيوتر نموذجاً فوضوياً صاغه من خلال ديناميكا الموائع . وبأخذ صور على فيلم سينمائي لما ظهر على شاشة الكمبيوتر ، ثم عرض الصور بسرعة على شاشة سينما ، ظهرت دوامات تدور وتتحد في شكل بيضاوي يشبه تماماً بقعة المشتري في شكلها وحركتها . وهكذا فمن الفوضى يمكن أن تنبثق ظاهرة مستقرة .

(٣) تقلبات الحيـــاة :

رغم تعقد الواقع البيولوجي ، فإن نماذجه الرياضية بسيطة للغاية . ولذا فهي ليست أكثر من كاريكاتور للواقع . لكنه كاريكاتور مفيد على كل حال . فهو يعطي علماء البيئة ـ مثلاً ـ فكرة عن تطور الأوبئة وتجمعات الحيوانات أو الحشرات التي يدرسونها .

وكأحد أنواع التبسيط ، فإنه يمكن لعلماء البيئة أن يتعاملوا مع معادلات الفروق التي تنظر الى الزمن نظرة منفصلة ، بدلاً من المعادلات التفاضلية التي تنظر الى الزمن نظرة متصلة . أي أن بإمكانهم أن ينظروا الى الزمن من خلال الأعداد الطبيعية : صفر ، ١ ، ٢ ، . . . ، بدلاً من الأعداد الحقيقية التي تأخذ في الاعتبار أيضاً الكسور والجذور وغير ذلك . والذي يبرر هذا التبسيط أن كثيراً من الحشرات ـ مثلاً ـ تتوالد في موسم معين ، ولذا فلا يوجد تداخل بين الأجيال . وبالتالي فيمكننا الحديث عن الجيل الأول ، فالثاني . . . وهكذا . وفي هذه الحال علينا أن نبحث عن دالة تربط عدد أفراد الحشرة هذا العام بعددها في العام الذي يليه . وهذه معادلة فروق . ويظهر في معادلة الفروق معامل (أو معاملات) ثابت ، أي أنه لا يتغير من عام الى عام . فما تأثير هذا المعامل على عدد أفراد الحشرة المتوقع ؟ . في حدود معينة ، كلما تزيد قيمة المعامل ، يزيد العدد عند الاستقرار . لكن الأمور ليست دائماً هكذا . فبزيادات أكثر ، يمكن أن تصل الى الفوضى . وحتى في هذه الحال كان العلماء يقولون إن العدد يتذبذب حول توازن مفترض . ولم يخطر ببالهم أنه قد لا يكون هناك توازن على الإطلاق . نعم إن النموذج الرياضي مبسط . لكنه مبسط بحثاً عن الانتظام ، فلماذا يزعج العلماء أنفسهم برؤية الفوضى ؟ والفزيائيون أيضا تدربوا على ألا يروا الفوضى . وبالرغم من أنهم يمضون

فترة طويلة من دراستهم في صياغة وحلول المعادلات التفاضلية ، فانهم يغفلون حقيقة أساسية : أن أغلب المعادلات التفاضلية ليس لها حلول تحليلية . وتلك التي لها حلول هي تلك التي لا تصف الفوضى . إن عدم الانتظام موجود في الطبيعة ، لكن الفزيائيين يريدون اكتشاف الانتظام . ولـذا فإنهم يتجنبون الصياغات الرياضية التي تفضي الى الفوضى . أما اذا أجبروا على التعامل مع عدم الانتظام ، فانهم يعالجونه كما لو كان ظاهرة ثانوية : شوشرة ، أو ضوضاء ، أو شيئاً من هذا القبيل .

لنعد الآن الى دراسة معادلة الفروق التي تصف تغير عدد أفراد حشرة أو حيوان ما من عام الى عام . وهذه المعادلة هي :

$$س_{ن+1} = ر\, س_{ن} \,(1 - س_{ن})$$

حيث س ن هي نسبة العدد في السنة المعنية الى أكبر عدد ممكن (أي أن س ن تقع بين صفر وواحد) . أما ر فهو معامل لا يتغير بتغير السنين .

وكما هو واضح فهذه ليست معادلة خطية . وقد حلل العالم الاسترالي « روبرت ماي Robert May» الذي أتى الى البيولوجيا من الرياضيات سلوك هذه المعادلة ، فوجد أنه اذا كانت « ر » صغيرة فان س ن تثبت بعد فترة من الزمن . وبزيادة ر تكف س ن عن الثبات ، لكنها تتذبذب بين قيمتين ، ثم بين أربع قيم ، فثماني فست عشرة ، . . . وهكذا حتى تبدأ الفوضى حيث لا توجد دورات منتظمة . ومع استمرار زيادة « ر » لا يلبث الانتظام أن يعود من جديد ، لكن هذه المرة بدورة ثلاثية ثم تصير الذبذبة بين ست قيم ، فاثنتي عشرة ، فأربع وعشرين . . . ثم الى الفوضى من جديد . . . . وهكذا فمن الممكن العثور على انتظام داخل الفوضى .

ومن مؤتمر في برلين الشرقية تقابل « ماي » مع بعض العلماء السوفييت ، واكتشف أن دراسة الفوضى ليست أمراً جديداً لديهم . بل أن هناك تقاليد بحثية راسخة في موضوع الفوضى بين الرياضيين والفزيائيين السوفييت ترجع الى أبحاث الرياضي السوفيتي « كالماجوروف " Kolmogorov " في الخمسينات . زيادة على ذلك فإن في الاتحاد السوفيتي تفاعلاً بين الرياضيين والفزيائيين أقوى من ذلك الموجود في الغرب . لكن للأسف فان بعض ما يصل اليه السوفييت يعاد من الغرب نتيجة سوء الاتصالات .

وقد حلت النظرة الفوضوية مشكلة نظرية كانت تقسم علماء البيئة الى فريقين . فريق يرى أن اعداد أفراد كل نوع من أنواع الكائنات الحية ، مستقرة أساساً وبالتالي فهي محكومة بآليات محددة . وفريق يرى أن هذه الأعداد تتذبذب بصورة غير منتظمة وبالتالي فهي خاضعة لعوامل بيئية لا يمكن التنبوء بها . ثم جاءت النظرة الفوضوية التي بينت أن نموذجاً رياضياً بسيطاً ومحدداً يمكن أن يصلح للتعبير عن الرؤيتين معاً .

وعلى ضوء النظرة الفوضوية أعيدت قراءة الاحصاءات الخاصة بالأوبئة ، فأمكن فهمها بصورة أفضل .

(٤) هندسة الطبيعة :

كان الاقتصاديون يعتقدون أنه لا علاقة بين تغيرات الأسعار على المدى القصير وتغيراتها على المدى الطويل . فالتغيرات التي تجري خلال يوم هي مجرد تشويشات ، لا يمكن التنبوء بها ، وليست جديرة بالاهتمام . أما التغيرات التي تجري على مدى الشهور والسنين والعقود فهي محكومة بقوى اقتصادية كالركود ، أو سياسية

كزيادة أخطار الحروب . ونظرياً ، هذا يعطي فرصة لفهم الأمور .

الى أن جاء « بنوبت ماندلبروت Benoit Mandelbrot» وحلل على الكمبيوتر التقلبات في أسعار القطن المسجلة منذ أوائل القرن . فوجد أن تقلبات الأسعار لا تتوقف على المدى ، قصيراً كان أو طويلاً . فمنحنى تقلبات الأسعار اليومية تشابه مع منحنى تقلبات الأسعار الشهرية . واستمرت درجة التغيرات ثابتة على مدى فترة ستين عاما شهدت حربين عالميتين كما شهدت الكساد الكبير .

وقد وجد « ماندلبروت » صورة مشابهة فيما يتعلق بالضوضاء التي تعتري نقل الرسائل تليفونياً . فقد كان المهندسون يعتقدون أن هناك فترات بلا ضوضاء ، وأخرى مليئة بالضوضاء . لكن عندما حلل « ماندلبروت » الأمر ، وجد أن تلك المليئة بالضوضاء تنقسم بدورها الى فترات خالية وأخرى ليست كذلك . وعندما حلل تلك الأخيرة تحليلاً أدق وجد أنها تسلك نفس السلوك . وهكذا .

ثم يقول المؤلف إن « ماندلبروت » لاحظ أننا عندما نقيس أطوال شواطىء البلاد نختار نقطاً متتالية على هذه الشواطىء ثم نقيس أطوال الخطوط المستقيمة الواقعة بين كل نقطتين متتاليتين ، ومجموع هذه الأطوال هو ما نسميه طول الشاطىء . كما لاحظ أننا إذا ما قسنا طول الشاطىء مرة أخرى باختيار نقاط أكثر قرباً الى بعضها البعض فإننا نحصل على نتيجة أكبر من تلك التي حصلنا عليها من قبل ، وهكذا . ويقول المؤلف إن الحس الرياضي يتوقع أن تتقارب هذه النتائج الى عدد هو الطول الحقيقي للشاطىء . ويضيف إن هذا صحيح إذا ما كان الشاطىء شكلاً اقليمياً مثل قوس من دائرة .

لكن « ماندلبروت » ـ على حد قول المؤلف ـ وجد أن هذه النتائج تتزايد بلا نهاية ، أو على الأقل تتزايد حتى نصل بتقسيمنا للشاطىء الى مستوى الذرات . يقول المؤلف هذا كما لو كان شيئاً جديداً بالرغم من أن الموضوع قديم ، ومنذ القرن الماضي والرياضيون يعرفون أن هناك منحنيات تتقارب بالنسبة لها هذه النتائج الى عدد يسمى طول المنحنى ، وتسمى هذه المنحنيات بالمنحنيات المقومة ، وهناك منحنيات أخرى تتزايد بالنسبة لها هذه النتائج بدون حد ، وتسمى بالمنحنيات غير المقومة ، أو ذات الأطوال اللانهائية . هذا طبعاً عن المنحنيات الرياضية . أما عن المنحنيات التي توجد في الطبيعة (كالشطآن وغيرها) فنحن في حاجة الى شيء من التجريد كي نصفها وصفاً رياضياً .

ولهذا التجريد مشكلاته المعروفة قبل أن يولد « ماندلبروت » ومؤلف الكتاب معا .

وقد استعان « ماندلبروت » بالكمبيوتر للتعمق في دراسة المنحنيات التكرارية المعروفة منذ بداية القرن .

وكمثال على منحنى تكراري يمكن أن نبدأ بمنحنى بسيط مثل مثلث متساوي الأضلاع . ثم نقسم كل ضلع الى ثلاثة أقسام متساوية ، ونرسم على القسم الأوسط من كل من الأضلاع الثلاثة مثلثاً متساوي الأضلاع ، ثم نكرر هذه العملية على جميع الأضلاع الخارجية التي نصل اليها ، وهكذا . يرسم هنا شكل (١) المرفق .

وتتميز هذه المنحنيات بان سلوك الجزء يشبه سلوك الكل (أي أن صورتها تحت المجهر تشبه صورتها بالعين المجردة) . وهي في هذا تشبه ما توصل اليه « ماندلبروت » في تحليله لتقلبات أسعار القطن وللضوضاء المصاحبة للرسائل التليفونية . ويقول المؤلف إن « ماندلبروت » قد أعطى لهذه المنحنيات



شكل (١)

الرسم الـ الأول للكرة [illegible] تكراري

أبعاداً كسرية ، لكنه لم يوضح كيف . ولذا فإن هذه المنحنيات تسمى أيضاً منحنيات كسرية .

المهم أن « ماندلبروت » أقام على أفكار كهذه نوعاً من الهندسة أسماه الهندسة الكسرية للطبيعة . وقد وجدت هذه الهندسة تطبيقات في الأحوال التي تريد أن تأخذ فيها التفصيلات في الاعتبار . فالكرة الأرضية ليست في الحقيقة كرة ، بل إن هناك جبالاً ووديانا ، ولوح الزجاج ليس في الحقيقة مستوياً ، لانك اذا ما نظرت إليه بالمجهر فستجد مرتفعات ومنخفضات ، . . . كما وجدت هذه النظرة الكسرية تطبيقات في مجالات أخرى . مثلاً في البيولوجيا حيث تشبه تفرعات الأوعية الدموية الصغيرة تفرعات الأوعية الدموية الكبيرة ، وحيث وجد أن توزيع ذبذبات دقات القلب يتبع قوانين كسرية شأنها في هذا شأن ذبذبات أسعار القطن المشار اليها آنفاً . إضافة الى هذا يمكن القول إن المنظومات التي يصاغ سلوكها عن طريق معادلات غير خطية (والسابق الحديث عنها) هي منظومات يشبه سلوك الكبير منها سلوك الصغير ، أو يشبه سلوك الكل سلوك الجزء ، ومن هنا فيمكن فهمها والتعامل معها من خلال الهندسة أو النظرة الكسرية .

(٥) جواذب غريبة :

انشغل العلماء طويلاً بظاهرة الاضطرابات في حركة المواقع (أي السوائل والغازات) ، وظهور دوامات صغيرة وكبيرة متداخلة ، واختلاط تيارات المائع بعضها ببعض بحيث يصبح تمييز بعضها عن بعض متعذراً . ما الذي يجعل المائع ينتقل من حركة سلسة تميل فيها الاضطرابات الصغيرة الى أن تضعف حتى تختفي ، الى حركة مضطربة يزداد فيها الخلل الى حد الكارثة ؟ هذا السؤال شكلّ مشكلة هامة وغامضة في العلم . وقد وضع الفيزيائي السوفيتي « لانداو Landau» نظرية للاجابة على هذا السؤال مفادها أن هذا الانتقال يجري نتيجة لتراكم متزايد لموجات ذات إيقاعات متعارضة في المائع المتحرك .

وتغير الحالة ظاهرة معروفة في الطبيعة . وفي السبعينات كانت الأبحاث قد بينت أن تغير الحالة من الصلابة الى السيولة ، ومن السيولة الى الغازية ، ومن الاتصال الى الاتصال الفائق ، ومن عدم الممغنطة الى الممغنطة ، كلها ذات جوانب رياضية واحدة . فهل تشبه ظاهرة الانتقال من السلاسة الى الاضطراب ظواهر تغير الحالة ؟

لقد صمم « سويني Swinney» وجولوب «Gollub» تجربة لدراسة الانتقال من السلاسة الى الاضطراب في حركة السوائل . وكانوا يتوقعون ظهور إيقاعات « لانداو» المتعارضة . وبالفعل ظهرت بعض الإيقاعات . وبينما كانوا يترقبون المزيد حدث ما لم يكن متوقعاً ، قفز السائل مرة واحدة الى حالة مختلطة ليس بها أية دورات مميزة على الاطلاق . لقد فشلت التجربة في تأكيد النظرية ، أو بالأحرى لقد اتضح أن النظرية لا تصف الواقع . وهذا جعل الباحثين يرون أن « لانداو » على خطأ ، ويتوقعون أن يكون « رويل Ruelle» على صواب . فعلام يقوم تفسير « رويل » لظاهرة الاضطراب ؟ إنه يقوم على ما يسمى بالجواذب الغريبة . فما هي الجواذب ؟

لنبدأ بما يسميه الفيزيائيون فراغ الحالة *. وهو فراغ اقليدي ذو عدد من الأبعاد تكفي لوصف المنظومة الديناميكية من حيث الموضع والسرعة . فمثلاً اذا كانت

(*) الأدق أن نقول كمية الحركة (أو الزخم) وهي حاصل ضرب الكتلة في السرعة .

المنظومة عبارة عن نقطة مادية تتحرك في خط مستقيم ، يكون فراغ الحالة فراغاً ذا بعدين ، أحدهما يمثل الموضع ، والآخر السرعة . وتعطينا كل نقطة في هذا الفراغ معلومات كاملة عن موضع النقطة وسرعتها معاً . وتمثل حركة المنظومة بمنحنى من هذا الفراغ . فمثلاً اذا كانت النقطة المادية تتحرك بسرعة منتظمة ، فان حركتها تمثل في فراغ الحالة بخط مستقيم مواز للمحور الذي يمثل الموضع ، اما اذا كانت تتحرك بسرعة متزايدة ، فان حركتها تمثل بمنحنى صاعد .

والجاذب هو منحنى في فراغ الحالة يمثل حالة مستقرة ، بحيث اذا بدأت المنظومة الحركة من وضع تمثله نقطة واقعة عليه ، فإن النقاط التي تمثل حركة المنظومة مستقبلاً ، تظل واقعة عليه . وحتى اذا بدأت المنظومة الحركة من نقطة خارجية لكنها واقعة من « منطقة جذبه » فإن الحركة تتطور الى وضع يجعلها توصف بنقطة واقعة عليه ، ثم تستمر النقاط التي تصف الحركة واقعة عليه . فمثلاً اذا كانت المنظومة الديناميكية عبارة عن جسم يتحرك في لحظة ما على مستوى خشن تحت تأثير قوة الاحتكاك فقط ، فإن فراغ الحالة هنا سيكون ذا أربعة أبعاد ، اثنين لتحديد موضع مركز كتلة الجسم ، واثنين لتحديد سرعة هذا المركز ، أما الجاذب هنا فسيكون نقطة واقعة في مستوى الموضع ، لأن المنظومة ستستقر في حالة سكون .

وتفسير « رويل » لظاهرة الاضطراب ، أن حركة المائع تقع في منطقة جذب جاذب غريب في فراغ الحالة ، وبعد فترة من الحركة تقع النقطة التي تصف الحالة على هذا الجاذب ، وهنا يبدأ الاضطراب ، وتظل النقطة الممثلة للحركة على الجاذب ، وبالتالي يستمر الاضطراب . وفراغ الحالة في تصور « رويل » ذو عدد قليل نسبياً من الأبعاد ، أما الجاذب الغريب فهو منحنى محصور في نطاق صغير لكنه ليس دورياً ، ولا يقطع نفسه أبداً . ولكي يمثل المنحنى حركة تسمح بظهور كل الايقاعات (التي توجد في الاضطراب) فان طوله يجب ان يكون لا نهائياً ، رغم أنه محصور في نطاق محدود . إنه منحنى من منحنيات هندسة « ماندلبروت » الكسرية السابق الحديث عنها في الباب السابق .

(٦) العالميـــة :

اكتشف فيجنباوم Feigenbaum ثابتاً مشتركاً بين المنظومات غير الخطية . فقد اكتشف أن المنحنيات التكرارية المناظرة لهذه المنظومات تتصاغر بمعدل ثابت هو (مقلوب) ٤,٦٦٩ (أو بحساب أدق ٤,٦٦٩٢٠١٦٠٩٠) .

أمثال هذا الثابت تسمى أحياناً ثوابت عالمية .

لقد كان هذا الاكتشاف باعثاً على سعادة غامرة ، لكنه في ذات الوقت سبب صدمة قوية .

(٧) مجرى التجـــارب :

أجرى « ليبخابر Libchaber » تجربة على الهيليوم السائل لدراسة التذبذب في حركة الموائع . وصمم لهذا الغرض صندوقاً صغيراً ليضع فيه سائل الهيليوم عند درجة ٤ فوق الصفر المطلق (أي ٢٦٩ تحت الصفر المئوي) . ويرفع درجة الحرارة عند قاعدة الصندوق رفعاً ضئيلاً (جزء من ألف من الدرجة المئوية) تتحرك تيارات الحمل الى أعلى والى أسفل . وتدرس حركة السائل عن طريق رصد درجة الحرارة عند قمة الصندوق . ولقد وجد « ليبخابر » أن درجة الحرارة عند القمة تتذبذب ذبذبات معينة . وبزيادة درجة الحرارة عند القاع يتضاعف عدد الذبذبات . لكن الذبذبات الاضافية لا يكون لها نفس سعة الذبذبات القديمة بل

تكون سعتها أقل . وهكذا يتضاعف التفرع كما هو مبين بالرسم . وهكذا تتفق مشاهدات « ليخابر » مع ما توقعته النظرية .

(٨) صـــور الفوضـــى :

حتى إذا كان سلوك المنظومة الديناميكية غير فوضوي ، فإنها قد لا تكون بعيدة جداً عن الفوضى . فمثلاً إذا كانت المنظومة الديناميكية عبارة عن بندول ذي رأس ممغنطة ، وكان هناك مغنطيسان مثبتان تحت البندول بحيث أن البندول عندما يسكن تكون رأسه عند أحد هذين المغنطيسين ، فان سلوك المنظومة لن يكون فوضوياً ، إذ أنها بعد فترة ستسكن هنا أو هناك .

ما علاقة هذا بالفوضى ؟ في فراغ الحالة لهذه المنظومة يوجد جاذبان ، كل منهما عبارة عن نقطة ، الأولى تناظر المغنطيس الأول ، والثانية تناظر الثاني . ونقاط هذا الفراغ تنقسم الى فئتين بحيث اذا كانت حالة المنظومة عند بداية الحركة ممثلة بإحدى نقاط الفئة الأولى ، فان المنظومة ستستقر عند الجانب الأول . وبالمثل بالنسبة الى الفئة الثانية . ما هو خط الحدود الذي يفصل بين هاتين الفئتين ؟ إنه قد يكون منحنى كسرياً فوضوياً معقداً .

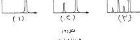
أيضاً يمكن الوصول الى فئات فوضوية بطرق رياضية بسيطة نسبياً وهذا ما فعله « ماندلبروت » اذ أنه قسم مستوى الاعداد المركبة الى فئتين . بحيث تقع النقطة حـ في احداهما اذا كانت المتتابعة التي حدها الأول ع ١ = حـ وحدها رقم ن + ١ يرتبط بحدها رقم ن بالعلاقة ع ن + ١ = ع ٢ ن + حـ ، اذا كانت هذه المتتابعة تتباعد الى اللانهاية ، والا فالنقطة حـ تقع في الفئة الثانية .

تسمى الفئة الثانية فئة « ماندلبروت » . هذه الفئة ليست تكرارية تماماً كالمنحنيات التي سبق الحديث عنها في الباب الرابع . لكنها تكرر نفسها على وجه التقريب ، وان لم يكن بالضبط .

(٩) مجمع المنظومات الديناميكية :

في أواخر السبعينات كون بعض طلبة الدراسات العليا بجامعة « سنتاكروز » بكاليفورنيا مجموعة أسماها المؤلف « مجمع المنظومات الديناميكية » لدراسة السلوك الفوضوي لهذه المنظومات .

وكان من بين الأسئلة التي سألوها هل يمكن قياس عدم امكان التنبوء ؟ وقد وجدوا إجابة على ذلك في المفهوم المعروف باسم « أس ليابونوف » نسبة الى الرياضي الروسي « ليابونوف Lyapunov » . وهذا الأس يقدم مقياساً للخواص التوبولوجية التي تناظر مفاهيماً مثل عدم امكان التنبوء . فأسس « ليابونوف » لمنظومة ما تقيس الآثار المتعارضة لتمدد وتقلص وطي



شكل (٢)
تفرع ذبذبات ليخابر

الجوانب في فراغ الحالة . وبالتالي فهي تعطي صورة لخواص المنظومة التي تؤدي الى الاستقرار أو عدم الاستقرار . فمثلاً تبين أنه لكل جانب غريب ، يكون واحد أو أكثر من أسس ليابونوف موجبا .

ومن بين ما توصلت اليه هذه المجموعة أن المنظومة الديناميكية قد تجمع بين السلوك المنضبط في اتجاه ، والسلوك غير المنضبط في اتجاه آخر .

وقد ربطت المجموعة بين نظرية الفوضى ونظرية المعلومات . فعندما تكون المنظومة في حالة فوضى ، ولا يمكن التنبوء بحركة جزيئاتها ، فان كل جزيء يقدم معلومة جديدة . فكما أن الطاقة تنتقل أثناء اضطراب المائع من المستوى الكبير إلى المستوى الصغير بتحولها من طاقة حركة الى طاقة حرارية من خلال سلاسل الدوامات ، فان المعلومات تنتقل بالعكس ، من المستوى الصغير الى المستوى الكبير . وهذا على الاقل هو تصور المجموعة . والقنوات التي تنقل خلالها المعلومات من أسفل الى أعلى هي الجوانب الغريبة ، فهي تكبّر حالة العشوائية الابتدائية ، كما يكبّر أثر الفراشة ، عدم التحديدات الصغيرة الى أشكال طقسية كبيرة .

(١٠) الايقاعات الداخلية :

غزت المفاهيم والنظريات الفوضوية مجالات البيولوجيا والطب . وانطلاقاً من هذه المفاهيم أنشيء نموذج رياضي لحركة عيون مرضى الشيزوفرينيا أسفر عن عدم انتظام لا يختلف عن ذلك المسجل في البيانات الطبية . ومع قدوم الثمانينات أدخلت الفوضى نوعاً جديداً من الفسيولوجيا قائماً على فكرة أن الأساليب الرياضية تستطيع أن تساعد العلماء على فهم السلوك الكلي للمنظومات المعقدة دون الدخول في التفصيلات الداخلية . وهذا تطور هام ، لأن عمل نموذج على الكمبيوتر لمنظومة معقدة كقلب الانسان هو أمر مستحيل عملياً ، اذا ما أريد لهذا النموذج أن يأخذ كل التفصيلات الدقيقة في الاعتبار .

وعلى سبيل المثال فالتذبذب البطيني الذي يسبب سنوياً مئات الآلاف من الوفيات المفاجئة في الولايات المتحدة الأمريكية هو خلل في منظومة القلب ككل ، دون ان يبدو أن هناك خللاً في اجزائها . وبالمثل ، فالاضطرابات العقلية هي اضطرابات في منظومة معقدة . ومن هنا فان خبراء الفوضى يرون ضرورة النظرة الكلية الجديدة . وباجراء التجارب على قلوب الكلاب وجد أن النشاط الكهربي للقلب يشبه من أوجه كثيرة المنظومات الأخرى التي تطور سلوكاً فوضوياً .

وفي اطار هذه النظرية الكلية جرت دراسة للايقاعات اليومية ، وهي نوع من الساعات البيولوجية ، أو الظواهر البيولوجية التي تتكرر كل أربع وعشرين ساعة . ومن بين هذه الايقاعات دورة نشاط البعوض التي تتكرر في الطبيعة كل أربع وعشرين ساعة . اما في المعمل فقد وجد أن هذه الدورة قد تتقدم أو تتأخر تبعاً للمنبهات الخارجية . وقد تبين أن الدورة الداخلية ، أي التي تجري عند ثبوت المنبهات الخارجية ، تتكرر كل ثلاث وعشرين (لا أربع وعشرين) ساعة .

وبالمثل وجد أن دورة حرارة الانسان الداخلية تتكرر كل خمس وعشرين (لا أربع وعشرين) ساعة . أما الناس الذين يعزلون عن العالم الخارجي ويعيشون في ظل ثبوت الضوء ودرجة الحرارة وما الى ذلك ، فان دورة النوم - اليقظة لديهم تختل تماماً بعد بضعة أسابيع .

(١١) الفوضى وما بعدها :

غيرت الفوضى مجموعة من المنطلقات الضمنية التي كانت سائدة بين العلماء ، مثل « المنظومات البسيطة تسلك سلوكاً بسيطاً » ، « السلوك المعقد يتطلب أسباباً معقدة » ، « تتصرف المنظومات المختلفة بطرق مختلفة » ، وأخذ مزيد من العلماء يرون أن الفوضى قدمت طريقاً جديدة للنظر لأي البيانات القديمة . وأكثر فأكثر أخذوا يشعرون أن تجزيء العلم يعيق تقدمه . وبالنسبة إليهم كانت الفوضى هي نهاية البرنامج الاختزالي في العلم .

غير أنه لا يوجد اتفاق على مصطلح « الفوضى » فهناك من يرى أنه مصطلح غير مناسب لأنه يستلزم العشوائية ، بينما الظاهرة التي تعالجها هي أنه توجد في الطبيعة عمليات بسيطة يمكن أن تنشيء صروحاً معقدة ، دون عشوائية . وهناك عدة مقترحات لأوصاف بديلة : « الديناميكا محررة من قيود النظام والتنبوء » ، « السلوك الذي يضخم عدم التأكد ، لكنه ليس تماماً غير قابل للتنبوء » ، « السلوك غير المنتظم ، وغير القابل للتنبوء للمنظومات الديناميكية المحددة غير الخطية » . . .

ويرى بعض العلماء الذين يبحثون في المنظومات البيولوجية أن مصطلح « الفوضى » أضيق من اللازم . فالفوضى تستلزم أن تكون المنظومة بسيطة ، قليلة الأبعاد . هذا في نظرهم مجرد حالة خاصة ، إذ أنهم مهتمون بالمنظومات المعقدة كثيرة الأبعاد ، وهم مقتنعون بأن مثل هذه المنظومات موجودة في الطبيعة .

●●●

لعل أشد ما جذب انتباهي في هذا الكتاب هو المبالغة . فالموضوع ، ببساطة ، أننا نعيش في واقع معقد ، وفي محاولتنا لفهمه نقوم بنشاطين متفاعلين : المراقبة والتنظير . وفي التنظير تواجهنا مشكلة لا أظن أننا ستجد حلاً كاملاً ونهائياً أبداً . فمن جهة يحسن بالنظرية أن تكون معقدة حتى تكون أقرب الى الواقع . ومن جهة أخرى يحسن بالنظرية أن تكون بسيطة حتى يمكننا أن نتعامل معها وبها بطريقة مثمرة .

وأحد أهم العوامل التي قد تضطرنا الى تبسيط غير مرغوب فيه ، هو الأدوات الرياضية المتاحة ، أو التي يمكن تطويرها في عصر ما . ورغم أن المعادلات غير الخطية معروفة وموضوعة تحت تصرف العلماء منذ زمن ليس بالقصير ، فقد كان من المرغوب فيه دائماً تجنبها . وهذا يرجع الى صعوبة حلها ، أو عدم امكان حلها بالطرق التحليلية المضبوطة ، واللجوء في حلها الى الطرق التقريبية والعددية .

والتطور الهام الذي جرى في العقود القليلة الأخيرة هو أن مقدرتنا على تنفيذ الطرق العددية قد تقدم تقدماً هائلاً ، ولا يزال يتقدم ، نتيجة لاختراع وتطور الكمبيوتر . وبالتالي فقد صار لدينا الآن وسائل أقوى للتعامل مع الظواهر المعقدة التي كان يصعب علينا أن نقترب منها من قبل .

نحن إذن لسنا أمام علم جديد يسمى « الفوضى » ، بل نحن أمام وسائل جديدة تمكننا من أن نفهم بطريقة أفضل - في إطار مختلف العلوم - الظواهر التي هي من التعقيد بالقدر الذي جعلنا نصفها بالفوضى ، بل وأن نجد الانضباط في هذه الظواهر . وليس من المستبعد أن تغير هذه الوسائل الجديدة نظرياتنا العلمية في هذا الفرع أو ذاك . وأيضاً ليس من المستبعد أن تغير نظرتنا العلمية

العامة ، وأن تؤثر على فلسفة العلوم . لكن الأمر لا يزال في حالة سيولة ، ومن الصعب التنبؤ بما سيسفر عنه . وشاهدي على هذا ، الاختلاف حتى على مصطلح « الفوضى » كما جاء في الباب الحادي عشر .

لننتقل الآن الى بعض النقاط التفصيلية :

أ ـ جاء في الاستهلال أن ميكانيكا الكم قد استبعدت حلم عمليات القياس المحكومة . والواقع أن ما قاله ميكانيكا الكم هو أن هناك بعض التغيرات التي تصف المنظومة الديناميكية (كالموضع وكمية الحركة مثلاً) لا يمكن أن تحدد تماماً معاً . الا أن حاصل ضرب مقادير عدم التحدد في كل منها أكبر من أو يساوي مقداراً معيناً . لكن اذا ما أردنا أن نقيس الموضع (دون كمية الحركة) ، أو الموضع وبعض متغيرات أخرى (غير كمية الحركة) كالطاقة مثلاً ، فإن هذا يمكن أن يجري بعملية محكومة .

ب ـ جاء في الباب الأول أن العلماء الذين يسيرون على نهج « نيوتن » يتبنون مقولة « تقبع في القلب الفلسفي للعلم » ، مفادها أنه إذا كانت لدينا معلومات تقريبية عن الشروط الابتدائية للمنظومة ، وفهما للقوانين الطبيعية ، فاننا نستطيع أن نحسب سلوك المنظومة على وجه التقريب .

وأرى أن هذه المقولة لا غنى عنها بالنسبة للمنظومات التي نأمل أن نتعامل معها من خلال العلم . ذلك لأنه من المستبعد أن تكون لدينا معلومات كاملة ودقيقة تماماً عن الشروط الابتدائية . والتجربة التي أجراها لورنز على الكمبيوتر لم ينتقل فيها من معلومات تقريبية الى معلومات مضبوطة تماماً ، لكنه انتقل من تقريب الى تقريب أدق .

ويمكن القول ـ نظرياً على الأقل ـ إنه اذا كان لدينا نموذج رياضي للمنظومة ، فانه يمكن تحديد درجة التقريب التي تسري بدءاً منها المقولة المذكورة . أما فيما عدا هذا من الأحوال فالأمر متروك للتجربة .

جـ ـ جاء في الباب الثالث أن دراسة « الفوضى » في الاتحاد السوفيتي تعود الى الخمسينيات . وهذا يبين أن الأمر ليس بالجدة التي توحي بها بقية أجزاء الكتاب .

د ـ جاء في الباب العاشر أن « الفوضى » قد أدخلت نوعاً جديداً من الفسيولوجيا قائماً على فكرة أن الأساليب الرياضية تستطيع أن تساعد العلماء على فهم السلوك الكلي للمنظومات المعقدة دون الدخول في التفصيلات الداخلية . ويقول المؤلف إن هذا تطور هام . وقد يكون هذا تطوراً هاماً بالفعل . لكنه ليس جديداً تماماً . فتاريخ البيولوجيا في مجمله هو تاريخ محاولة فهم السلوك الكلي للمنظومات المعقدة دون الدخول في التفصيلات الداخلية . وكما هو معروف فاكتشاف الخلية والكائنات الدقيقة هو أمر حديث نسبياً .

هـ ـ جاء في الباب الحادي عشر أن من بين المنطلقات الضمنية التي كانت سائدة بين العلماء والتي غيرتها الفوضى ، أن المنظومات المختلفة تتصرف بطرق مختلفة . والحقيقة أن البشر منذ أن عرفوا أن إضافة حصان الى حصان ينتج حصانين ، وأيضاً أن إضافة بقرة الى بقرة ينتج بقرتين ، واستخلصوا من هذا وأمثاله أن ١ + ١ = ٢ ، وهم يعرفون ـ ضمناً على الأقل ـ أن المنظومات المختلفة قد لا تتصرف بطرق مختلفة .

و ـ جاء أيضاً في الباب الحادي عشر أن مزيداً من العلماء يرون أن الفوضى هي نهاية البرنامج الاختزالي في العلم . وهذا يثير لديّ بعض العجب . فهذا البرنامج

يعني محاولة ارجاع خواص المنظومات المركبة الى خواص المركبات والعلاقات بين المركبات . ومنذ أوائل القرن الماضي وهذا البرنامج يلعب دوراً محورياً في تطور العلم ، وفي تعميق فهمنا للمنظومات المركبة ولمركباتها معاً . وهو مرتبط ارتباطاً أساسياً بالنظرية الذرية القديمة والحديثة ونظريات الجسيمات الأولية والميكانيكا الاحصائية ، وبصفة عامة بالفزياء الحديثة ، كما أنه مرتبط بالكيمياء الحديثة والبيولوجيا الحديثة . . . . ومع تطور الكمبيوتر فإن مقدرتنا على تطوير هذا البرنامج تزداد ، وبالتالي فالمتوقع أن تزداد ـ لا تنتهي أو حتى تنقص ـ أهمية الدور الذي يلعبه في تطور العلم .

وهذا لا يعني أن ليس هناك مكان لدراسة السلوك الكلي للمنظومات المعقدة دون الدخول في التفصيلات الداخلية . بل الحاصل أن هذا النوع من الدراسة يسير جنباً الى جنب مع البرنامج الاختزالي ، وكل منهما يتفاعل إيجابياً مع الآخر .

بعد هذا النقاش لبعض النقاط التفصيلية ، أود ـ انصافاً للكتاب ـ أن أسوق ملاحظة عامة . فالكتاب محاولة جادة لرصد وفهم بعض جوانب التطور العلمي أثناء حدوثه . وفلسفة العلم المعاصرة لا تهتم فقط بالعلم كما يجب أن يكون ، بل تهتم أيضاً بالعلم كما هو ، وكما تطور ويتطور بالفعل . غير أن أكثر الدراسات منصب على التطورات التي جرت ، أي على تاريخ العلم . ولذا فان هذا الكتاب الذي يدرس ما يجري بين ظهرانينا هذه الأيام يضع مادة قيمة بين أيدي فلاسفة العلم .

إضافة الى هذا فالكتاب يلقي ضوءاً على الجوانب السياسية والاجتماعية والتمويلية المتعلقة بالعلم . ويبين أن الجديد في العلم يلقى ـ حتى في عصر التقدم الملحل للعلم ـ الصعوبات ، ليس فقط من الجهات التي تضع السياسات وتوزع الأموال ، وإنما أيضاً من أهل التخصص أنفسهم . ولذا فان على أصحاب الجديد ـ حتى في العلم ـ أن يصبروا ويثابروا ويضحوا .

* * *